



This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

- + *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
- + *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
- + *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
- + *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at <http://books.google.com/>



Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

- + *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.
- + *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.
- + *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.
- + *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter <http://books.google.com> durchsuchen.

TK5747
B8

P14-437
STANFORD
LIBRARIES

DRAHTLOSE TELEGRAPHIE

DURCH

WASSER UND LUFT

NACH VORTRÄGEN GEHALTEN IM WINTER 1900

VON

PROF. DR. FERDINAND BRAUN

DIREKTOR DES PHYSIKALISCHEN INSTITUTS DER UNIVERSITÄT STRASSBURG

MIT ZAHLREICHEN FIGUREN UND ABBILDUNGEN



LEIPZIG

VERLAG VON VEIT & COMP.

1901

Verlag von VEIT & COMP. in Leipzig.

HERMANN VON HELMHOLTZ.

Gedächtnissrede

von

Emil du Bois-Reymond.

8. 1897. geh. 2 *M.*

ELEKTROCHEMIE.

IHRE GESCHICHTE UND LEHRE.

Von

Dr. Wilhelm Ostwald,

Professor der Chemie an der Universität Leipzig.

Mit 260 Nachbildungen geschichtlicher Originalfiguren.

Roy. 8. 1896. geh. 28 *M.*, eleg. geb. 30 *M.*

GESCHICHTE

DES

GELEHRTEN UNTERRICHTS

auf den deutschen Schulen und Universitäten

vom Ausgang des Mittelalters bis zur Gegenwart.

Mit besonderer Rücksicht auf den klassischen Unterricht.

Von

Dr. Friedrich Paulsen,

o. ö. Professor an der Universität Berlin.

Zweite, umgearbeitete und sehr erweiterte Auflage.

Zwei Bände.

Erster Band: Der gelehrte Unterricht im Zeichen des alten Humanismus. 1450—1740.

Zweiter Band: Der gelehrte Unterricht im Zeichen des Neuhumanismus. 1740—1892.

gr. 8. 1896 u. 1897. geh. 30 *M.*, eleg. geb. in Halbfranz 34 *M.*

„Wenn diese Deutung der historischen Thatsachen nicht gänzlich fehlgeht, so wäre hieraus für die Zukunft zu folgern, dass der gelehrte Unterricht bei den modernen Völkern sich immer mehr einem Zustande annähern wird, in welchem er aus den Mitteln der eigenen Erkenntnis und Bildung dieser Völker bestritten wird.“

VORLESUNGEN ÜBER THERMODYNAMIK

von

Dr. Max Planck,

o. ö. Professor der theoretischen Physik an der Universität Berlin.

Mit fünf Figuren im Text.

gr. 8. 1897. In Ganzleinen kart. 7 *M.* 50 *g.*

DRAHTLOSE TELEGRAPHIE

DURCH

WASSER UND LUFT

NACH VORTRÄGEN GEHALTEN IM WINTER 1900

VON

PROF. DR. FERDINAND BRAUN

DIREKTOR DES PHYSIKALISCHEN INSTITUTS DER UNIVERSITÄT STRASSBURG

MIT ZAHLREICHEN FIGUREN UND ABBILDUNGEN



LEIPZIG

VERLAG VON VEIT & COMP.

1901



Druck von Metzger & Wittig in Leipzig.

Inhalt.

	Seite
Geschichtliche Einleitung	5
I. Ueber Hydrotelegraphie	21
II. Versuche mit Uebertragung durch Luft	32
III. Ueber abgestimmte Telegraphie	52
IV. Schlussbetrachtungen	56
Anmerkungen	58

Geschichtliche Einleitung.

Die Bestrebungen nach einer drahtlosen Telegraphie sind nicht viel jünger als die Erfindung der praktisch verwerthbaren Drahttelegraphie selber. In der That: im Jahre 1833 hatten GAUSS und WEBER mittels zweier Drähte, die über die Häuser der Stadt isolirt hinweggeführt waren, die Sternwarte bei Göttingen mit dem Physikalischen Institut verbunden und damit die erste telegraphische Anlage, mittels deren Zeichen, Wörter und Sätze übermittelt wurden, geschaffen. Mit dem Jahre 1835 beginnen die Bemühungen des amerikanischen Malers MORSE, welche im Mai 1844 zu einer Versuchslinie zwischen Washington und Baltimore führten. Aber kaum, dass man eine Uebertragung mittels des Drahtes geschaffen hatte, suchte man sich desselben auch schon wieder zu entledigen. STEINHEIL fand 1838, dass man den rückleitenden Draht durch die Erde ersetzen könne. Vielleicht hat diese Thatsache die Anregung zu den weiter gehenden Vorschlägen gegeben, nach denen auch die Hinleitung mittels der Erde oder des Wassers besorgt werden sollte. Ohne auf die älteren, mehr oder weniger phantasie- und hoffnungsvollen Projecte dieser Art eingehen zu wollen, seien hier nur die Versuche von

RATHENAU am Wannsee (1894) und die analogen von STRECKER aus dem Jahre 1895 erwähnt. Sie leiteten an einer Stelle mittels zweier Platten Strom in den See oder das Grundwasser hinein; derselbe gleicht sich zum grossen Theil zwischen den Platten aus, Zweigströme aber durchfliessen auch, in mit der Entfernung abnehmender Stärke, die Wassermasse. Diese letzteren werden an der empfangenden Station wiederum mittels zweier eingesenkter Platten aus dem Wasser herausgenommen. Wir werden auf diese Versuche zurückkommen.

Ein Vorschlag anderer Art ging von WILKINGS 1849 aus. Er glaubte, die englische und französische Küste ohne überbrückenden Draht verbinden zu können, wenn auf beiden Ufern eine 10 bis 20 Meilen lange Drahtleitung gezogen würde, parallel und möglichst nahe zum Ufer; Anfang und Ende der Leitung sollten zur Erde gehen; in die eine Leitung sollte eine kräftige galvanische Batterie eingeschaltet sein; in der anderen sollten sich empfindliche, stromanzeigende Apparate befinden. Ein Strom in der ersten Leitung würde sich an den Apparaten der zweiten bemerkbar machen. Von Interesse ist dabei, dass die von ihm vorgeschlagenen Stromanzeiger den späteren THOMSON'schen Syphon-Recorder bezw. die heute gebräuchlichen DEPREZ-D'ARSONVAL'schen Instrumente anticipiren.

Es ist dies wesentlich die gleiche Anordnung, welche in den neunziger Jahren des vorigen Jahrhunderts vom Chefindingenieur der englischen Post, Sir WILLIAM PREECE (s. Electrotechn. Zeitschrift XV. 1894. S. 532), wieder aufgenommen und zu praktischen Erfolgen gebracht wurde. Ein Strom, der im ersten Kreise geschlossen wird, inducirt im Empfängerkreis einen Strom-

stoss. Es wurde damit (1893) bis auf 8 Kilometer telegraphische Verständigung unter verschiedenen Verhältnissen erzielt.

Die PREECE'schen Versuche haben unzweifelhaft eine grosse Anregung auf diesem Gebiete zur Folge gehabt. —

Ein Jahr vorher hatte EDISON vorgeschlagen, eine am oberen Ende eines langen Verticaldrahtes angebrachte Platte durch einen Inductor electrostatisch zu laden; sie sollte den Geber darstellen und auf eine entfernte zweite, ähnlich angebrachte Platte, den Empfänger, durch electrostatische Influenz wirken. Beide Platten sind mit der Erde verbunden; die Geberplatte durch die Windungen des Inductors hindurch, die Empfängerplatte direct; auf dem Wege zur Erde wirkt die den Empfängerdraht durchfliessende Electricität mittels Induction auf den Empfängerapparat.

Rein äusserlich genommen unterscheidet sich diese Anordnung nicht viel von derjenigen MARCONI's (Fig. 1). Bei MARCONI ladet der Inductionsapparat den verticalen Sender; dieser entladet sich aber durch die Funkenstrecke F gegen die Erde. Im ähnlich gestalteten Empfänger befindet sich da, wo im Sender die Funkenstrecke ist, ein empfindlicher empfangender Apparat, der sog. Cohärer oder Fritter.

Rein äusserlich, sage ich, gleichen sich beide Senderanordnungen derart, dass dem Laien kaum ein Unterschied vorhanden scheinen dürfte. In Wirklichkeit sind sie principiell

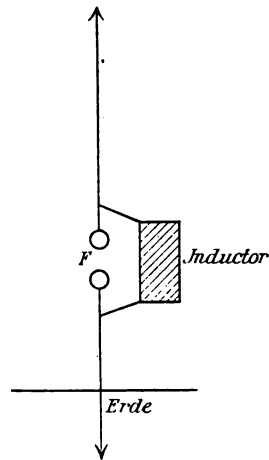


Fig. 1.

verschieden. In der EDISON'schen Anordnung würden die Ladungen und Entladungen des Senders nur langsam vor sich gehen, im Tempo etwa des Unterbrechers, welcher den Inductor versorgt, sagen wir höchstens einige hundert Mal pro Secunde. Diese Ladungen verhalten sich wie ruhende. Die Funkenstrecke in der Marconischaltung dagegen bewirkt, dass im Sender rasche Ladungen und Entladungen zu Stande kommen, deren Anzahl sich nach Millionen pro Secunde beläuft. Diese sehr schnellen electricen Oscillationen (electriche Wellen) folgen aber ganz anderen Gesetzen als die langsamen. Erst sie werden für eine beträchtliche Fernwirkung brauchbar.

Es ist hier der Ort, kurz auf diese schnellen electricen Schwingungen einzugehen. Man hat sie zuerst bei den Entladungen von Leidener Flaschen gefunden. Nachdem HELMHOLTZ schon in seiner 'Erhaltung der Kraft' 1847 auf die Möglichkeit einer solchen alternirenden Entladung hingewiesen und sie aus bereits vorliegenden Erfahrungen wahrscheinlich gemacht hatte, wurde 1855 von Sir WILLIAM THOMSON auf theoretischem Wege nachgewiesen, dass electriche Oscillationen entstehen können; es wurde festgestellt, von welchen Bedingungen ihr Auftreten abhängt, und wie sich die Stärke, die Anzahl und das zeitliche Abklingen der Schwingungen aus den Dimensionen des Flaschenkreises berechne. Bald darauf wies FEDDERSEN die Oscillationen experimentell nach. Indem er das Bild des Flaschenfunkens von einem kleinen Hohlspiegel, der etwa hundert Mal in der Secunde um eine dem Funken parallele Axe rotirte, auf eine

photographische Platte fallen liess, wurde das Funkenbild auf der letzteren zu einem hellen Streifen ausgezogen. Dieses selber aber zeigt sich aus hellen und dunklen Bändern bestehend, welche beweisen, dass die Entladung intermittirend ist. Fig. 2 zeigt zwei solcher Photographien. Es geht ein electricischer Strom in einem Moment von links nach rechts, nach kurzer Zeit — hier ungefähr ein hunderttausendtel Secunde — umgekehrt einer von rechts nach links, dann wieder in der ersten Richtung u. s. w. Es finden Oscillationen statt,



Fig. 2.

welche allmählich schwächer werden, um dann ganz zu erlöschen.

Dieses Absterben der Schwingungen rührt von zwei Ursachen; die eine besteht darin, dass Energie an den umgebenden Raum abgegeben wird. Die electricischen Schwingungen erzeugen im umgebenden Raume, auch wenn er, wie hier der Luftraum, nicht leitend ist, electricische Verschiebungen, welche sich, wie wir jetzt wissen, mit Lichtgeschwindigkeit durch denselben fortpflanzen. Wir merken für gewöhnlich von denselben nichts. Bringen wir aber irgendwo in der Nähe wieder leitende Körper an, etwa einen ringförmigen Metalldraht, der auf einer kurzen Strecke (etwa 1 Millimeter oder weniger) unterbrochen ist, so verrathen kleine Funken, welche dort überspringen, dass auf das Metall sich electricische Bewegung übertragen hat. Wir nennen dies einen inducirten Strom oder in unserem Falle eine inducirte Schwingung.

Die zweite Dämpfungsursache liegt darin, dass die electricische

Bewegung nur im Leiter und besonders im Funken allmählich in Wärme (Ström- oder Joulesche Wärme) umsetzt.

Der electrische Vorgang verhält sich also ganz ähnlich dem mechanischen. Eine angeschlagene Stimmgabel oder eine Saite tritt allmählich aus in Folge derselben Vorgänge: einmal Abgabe der Schwingungsenergie an die Umgebung. Auch diese merkten wir nur, wenn wir eine geeignete Empfangsvorrichtung, z. B. unser Ohr oder eine empfindliche Membran, in die Nähe des tönenden Körpers bringen. Und zweitens erschöpft sich die Schwingungsenergie indem sie sich im tönenden Körper selber durch Vorgänge der sogenannten inneren Reibung in Wärme umsetzt. Nur ist dieser letztere Energieverlust im tönenden Körper im Allgemeinen geringer als beim schwingenden electrischen System.

FEDDERSEN hatte mit Flaschenentladungen Schwingungen erzeugt, von denen bis zu etwa 500000 in der Secunde erfolgten.

Indem HERTZ diejenigen Grössen, welche die Schwingungsdauer bestimmen, entsprechend verkleinerte, konnte er Schwingungen herstellen (1887), von denen etwa 10 Millionen in der Secunde stattfinden, später ging er sogar bis zu 500 Millionen, und Andere haben diese Grenze noch weiter hinaufgerückt. Es ist sein unsterbliches Verdienst, dass er mittels dieser raschen Oscillationen in genial und kühn angelegten Versuchen mit seinem durchdringenden geistigen Blick bewiesen hat, was MAXWELL's Theorie voraussehen liess: dass electrische Oscillationen sich verhalten wie Licht. Es sei nur ein Beispiel erwähnt: Werden zwei Metallstäbe (Fig. 3) von, sagen wir, je 30 cm Länge und einigen Centimetern Durchmesser, welche an der Stelle *F* etwa

einen halben oder ganzen Centimeter von einander abstehen, mit den Polen eines Inductors (oder einer Electrisirmaschine) verbunden, so laden sich beide mit entgegengesetzten Electricitäten; diese Ladungen mögen so lange gesteigert werden, bis sie durch einen Funken bei sich F ausgleichen. In diesem Momente setzen Oscillationen ein; es verhält sich so, als wenn Electricität durch den Funken von rechts nach links plötzlich durchbräche, an den freien Enden der Stäbe reflectirt würde, daher durch den Funkencanal wieder von links nach rechts gehe, dann wieder in der ersten Richtung u. s. f. Diese electricische Bewegung zieht das umgebende Medium in Mitleidenschaft. Es überträgt sich ein Theil der Energie an eine erste Luftschicht, von ihr an eine zweite u. s. w. Und während nun in den einzelnen Schichten die electricische Verschiebung parallel zum erregenden Leiter stattfindet, geht die Uebertragung von Schicht zu Schicht fort, also senkrecht zur Richtung der electricischen Strömung. Wir nennen dies eine fortschreitende Transversalwelle.

Sie durchmisst den Raum mit Lichtgeschwindigkeit, sie verhält sich aber auch sonst wie eine Lichtbewegung, eine Lichtwelle. Trifft sie auf ein Mittel, welches ihr eine andere Fortpflanzungsgeschwindigkeit vorschreibt, so wird sie bei dem Uebergang in dasselbe gebrochen, genau nach den Gesetzen der Lichtstrahlen. Fällt sie auf Metalle, so wird sie reflectirt. Dies hat HERTZ durch seinen bekannten Spiegelversuch nachgewiesen. In

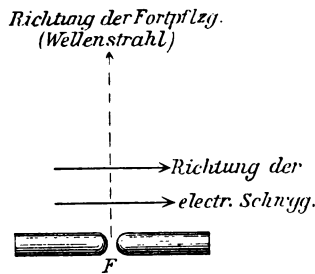


Fig. 3.

der Brennnlinie eines parabolischen Blechcylinders (Fig. 4) wurden vom Oscillator die Schwingungen erregt; sie breiten sich nach allen Richtungen aus; ein Theil derselben trifft auf die Spiegelfläche, wird dort reflectirt und tritt nun als ein Bündel paralleler „electrischer Strahlen“ in den Raum. Die Energie bleibt jetzt auf diesen Strahlencylinder concentrirt. Trifft er in einigem Abstand einen dem ersten gleichen und gleichgestellten Spiegel,

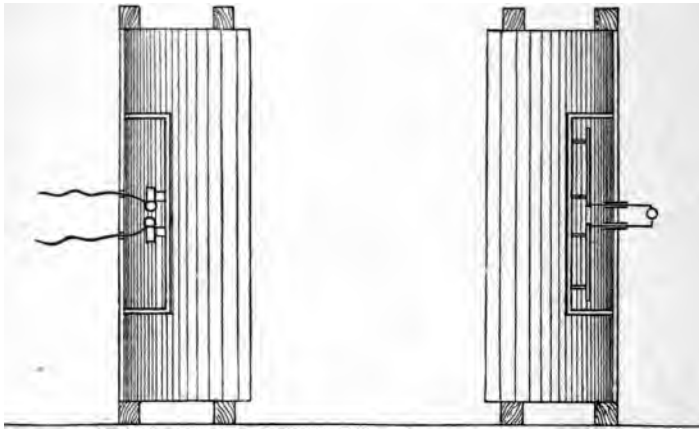


Fig. 4.

so drängt der letztere durch Reflexion die Energie wieder in die Brennnlinie zusammen, und indem HERTZ dort zwei Metallstäbe anbrachte, ganz ähnlich denen des Oscillators, konnte er zwischen, resp. wie Fig. 4 zeigt, bequemer hinter denselben wieder durch — freilich winzig kleine — Fünkchen die Ankunft der Welle constatiren.

Die folgende Tabelle giebt eine Uebersicht der Hauptgruppen der bis jetzt bekannten „electrischen Wellen“. Hypothesenfrei wird man sie wohl „als Transversalwellen im Dielectrikum“ be-

Anzahl ganzer Schwingungen pro 1 sec	Wellenlänge (in Luft)	Erzeugungsart
50	6000 km	Gebräuchlicher Wechselstrom
25 000	2400 m	Entladung von 2 bis 16 Leidener Flaschen in 5 bis 1300 m
500 000	600 "	Kupferdraht (FEDDERSEN 1858)
10 Millionen	30 "	8 m langer HERTZ'scher Plattenoscillator (LODGE 1889)
50 "	6 "	HERTZ bei seinen ersten Versuchen 1887
500 "	0,6 "	HERTZ bei seinen Spiegelversuchen 1888 (2 Metallstäbe von 26 cm Länge, 3 cm Durchmesser)
1500 "	21 cm	Metallkugeln von 8 bis 0,8 cm Durchmesser (RIGHI 1893)
10 000 "	3 "	Platindrähte je 1,3 mm lang und 0,5 mm dick
50 000 "	0,6 "	(LEBEDEW 1895)
12 Billionen	0,024 mm	Längste genau bekannte Wärmestrahlen, sogenannte Reststrahlen des Fluorits (RUBENS 1897)
450 "	0,00069 mm	Rothes Licht (etwa Linie <i>B</i>)
800 "	0,00039 "	Violettes Licht (etwa Linie <i>H</i>)
—	—	Uranstrahlen
unmessbar gross	unmessbar klein	Röntgenstrahlen (?)
		Fortpflanzungsgeschwindigkeit in Luft = $3 \cdot 10^{10}$ [C S].

zeichnen dürfen. Unzweifelhaft electrischer Natur sind die angeführten Schwingungen bis zu 6 mm Wellenlänge. Ihnen reihen sich an die als Wärme- und Lichtstrahlen bezeichneten, gleichfalls höchst wahrscheinlich electrisch, obschon ein directer Nachweis dieser Eigenschaft noch aussteht. Unsere heutige Vorstellung ist die folgende: Denkt man den HERTZ'schen Oscillator sich kleiner und kleiner werdend, so steigt die Schwingungszahl immer mehr, die Wellenlänge nimmt fortwährend ab. Die kleinen LEBEDEV'schen Platinstäbchen geben Wellen, die bis 3 mm Länge, d. h. bis zu 100000 Millionen Schwingungen nachweisbar waren. Verkleinern sich die Dimensionen bis zu molecularen Gebilden, so treten die Schwingungen als strahlende Wärme und Licht in Erscheinung. Der grosse Sprung in den Wellenlängen dieser Strahlen (1:10000 bzw. 1:240) hängt voraussichtlich zusammen mit dem fast discontinuirlichen Uebergang von einem noch sichtbaren Körperchen zu den kleinen Moleculardimensionen. Könnten wir grosse Molecüle (vielleicht thun es „Molecularmagnete“) zu Wärmeschwingungen veranlassen, so würden wir erwarten dürfen, dass die Lücke sich theilweise ausfüllt. Die Uran-, Thorium-, Radiumstrahlen u. s. w. haben auch den Charakter des Lichtes, der Brechbarkeit, Polarisirbarkeit und einer messbaren Wellenlänge. Sie rühren demnach wohl von relativ kleinen Atomen her. Schwingungen endlich von den räthselhaft kleinsten Theilchen, die wir in den Kathodenstrahlen annehmen müssen, jener Gebilde, welche eine Materie darstellen von einer solchen Feinheit, dass sie auch die Zwischenräume der Moleküle fester Körper passiren kann, frei beweglich (denn sie geben ihre electrische Ladung nicht ab), wie eine Sternschnuppe zwischen den

Himmelskörpern — ihre Schwingungen könnte man als die Erzeuger der Röntgenstrahlen betrachten.¹

Schon im Jahre 1889 erhielt HERTZ vom Civilingenieur HUBER in München die Anfrage, ob sich seine Wellen nicht zu einer drahtlosen Telegraphie würden verwenden lassen. HERTZ verneinte die Frage. Wäre sie zwei Jahre später an ihn ergangen, vielleicht hätte er sie bejaht.

In der Zwischenzeit (1890) hatte sich nämlich eine merkwürdige Entdeckung durch BRANLY vollzogen. Sie besteht im Folgenden: In einem Glasröhrchen

(Fig. 5) möge sich zwischen zwei Metallstäbchen etwas lockeres Metallpulver, wie Eisen-, Nickelfeile, Chrombröckchen oder dergl., befinden. Im Allgemeinen ist das Metallpulver so gut wie nicht leitend; schaltet man daher ein solches Röhrchen in einen aus einem galvanischen Element und einem stromanzeigenden Apparat bestehenden Kreis ein, so beobachtet man keinen oder einen nur minimalen Strom. Treffen aber jetzt electriche Wellen auf den Kreis, so wird die Feilicht sofort zu einem sehr guten Leiter und der Multiplicator zeigt starken Strom. Ein leichter Schlag auf das Röhrchen genügt aber, es wieder in nicht leitenden Zustand zu bringen.

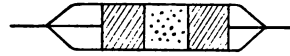


Fig. 5.

Ein leichter Schlag auf das Röhrchen genügt aber, es wieder in nicht leitenden Zustand zu bringen.

Die Erscheinung rührt offenbar daher, dass an den kleinen und kleinsten Berührungsstellen eine Aenderung, ein näheres Aneinanderschliessen der Theilchen stattfindet. Es war auch schon vor BRANLY bekannt,² dass ein ganz schwacher Inductionstoss, durch Metallpulver geleitet, diese Aenderung hervorbringt, welche dauernd ist, so lange keine Erschütterung stattfindet. Dass

dieses Mittel aber ein ganz ausserordentlich empfindliches Reagenz auf electriche Wellen darstellt, wurde erst durch ihn gezeigt.

Ueber die eigentliche Natur der Aenderung lässt sich zur Zeit noch nichts Bestimmtes sagen. Die Thatsache selber genügt aber für unsere Zwecke. Wir haben in der BRANLY'schen Röhre, auch Cohärer oder Fritter genannt, einen empfindlichen Detector für electriche Wellen. In der That: ein kleines Fünkchen, in einem Abstand von mehreren Metern vom Stromkreise des Cohäriers erregt, lässt denselben ansprechen.

Wenige Jahre (1895) nach BRANLY's Entdeckung wurde der Cohärer schon von Prof. POPOFF an der Forstakademie in Kronstadt benutzt, um luftelectriche Entladungen anzuzeigen und zu registriren. Fig. 6 giebt eine Abbildung des POPOFF'schen Apparates.

Der Blitzableiter des Gebäudes führt bei *A* zum Cohärer, von *B* geht er zur Erde. Eine luftelectriche Entladung erregt den Cohärer, damit schliesst sich der Relaisstrom; dieser bewirkt Stromschluss im oberen Electromagneten, der Hammer schlägt gegen die Glocke, um ein hörbares Zeichen zu geben, und klopft beim Rückschwingen auf den um den Cohärer gelegten Gummiring; er wird dadurch wieder stromlos und ist zum Empfang eines neuen Signales bereit.

Der POPOFF'sche Apparat ist im Wesentlichen identisch mit dem MARCONI'schen Empfangsapparat in dessen erster Form. Wie POPOFF luftelectriche Erregungen damit registrirte, so nimmt MARCONI damit die von der Geberstelle ausgehenden electriche Wellen auf.

Das Marconisystem ist damit in den Grundzügen gegeben. An der Geberstelle ist ein isolirter Draht auf eine Höhe, sagen

wir von 30 bis 40 m, geführt. Er ist mit dem einen Pole des Inductors verbunden und endet unten in einer Kugel. Dieser gegenüber steht in einem Abstand von einigen Centimetern eine zweite, mit dem anderen Inductorpol verbundene. Letzterer ist gleichzeitig zur Erde geführt. Diese Erdverbindung erhöht, wie

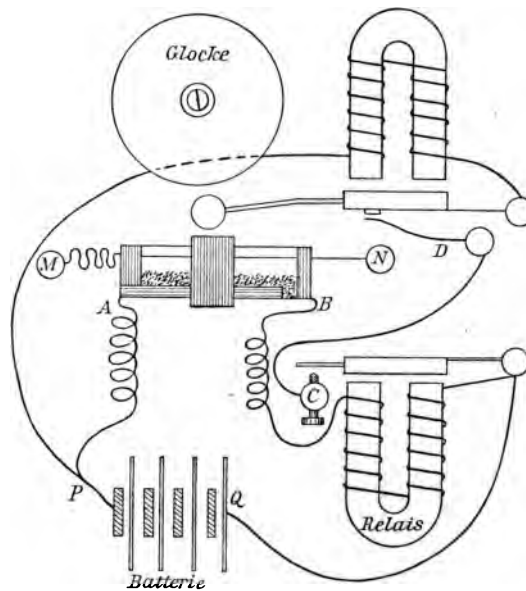


Fig. 6.

MARCONI zuerst fand, die Fernwirkung des Senders ganz ausserordentlich und macht ihn erst praktisch brauchbar.

Wird der Inductor nur ganz kurze Zeit bethätigt, etwa nur ein einziger Funke bei P erzeugt, so entsteht nur ein einziger, schnell abklingender Wellenzug. Der Empfänger nimmt einen Theil der ausgesendeten (ausgestrahlten) Energie auf, der Co-härer wird leitend und auf dem ablaufenden Papierstreifen des Morseapparates entsteht ein ganz kurzer Strich — ein Punkt.

Werden mehrere solcher Punkte kurz hinter einander gegeben, d. h. lässt man den Geber etwas länger arbeiten, so bedeuten diese entweder einen Strich, oder aber man kann auch direct einen Strich schreiben lassen, indem man dem Schreibapparat absichtlich etwas mehr Trägheit giebt, so dass die einzelnen Punkte zusammenfließen.

Im Schreibapparat selber sind noch Vorrichtungen anzubringen, welche bewirken müssen, dass Unterbrechungsfunken oder starke Stromänderungen, welche in den verschiedenen

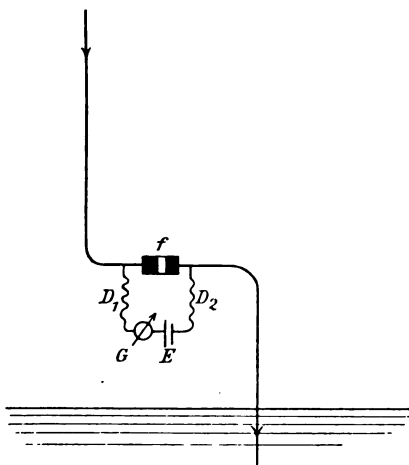


Fig. 7.

Theilen des Apparates vorkommen, nicht ihrerseits den benachbarten Cohärer wieder erregen. Dies wird erreicht durch Condensatoren, Inductionsspulen (sog. Drosselspulen), metallische oder electrolytische Nebenschlüsse, auf welche Details wir hier nicht eingehen.

Das einfachste Schema des ursprünglichen Marconiempfängers zeigt Fig. 7. Die Drosselspulen D_1 und D_2 versperren der den Empfangsdraht herablaufenden electricischen Welle den Weg durch die neben den Cohärer geschalteten Apparate und bewirken somit eine möglichst volle Erregung des Cohärrers.

MARCONI begann seine Versuche auf dem Landgut seines Vaters. Er war durch Vorlesungen, welche er bei RIGHI in Bologna über HERTZ'sche Wellen hörte, dazu angeregt worden.

RIGHI selbst hatte sich viel mit den Erscheinungen beschäftigt, insbesondere sehr wirksame Anordnungen gegeben, um kurze Wellen zu erzeugen, welche in Verbindung mit einem von ihm ersonnenen Detector gestatteten, mit compendiösen Apparaten und auf dem Raume eines grossen Tisches die wichtigsten HERTZ'schen Versuche zu wiederholen. Dieser Righigeber (Fig. 8) besteht aus zwei kleineren und zwei grösseren Metallkugeln; von den mit den Polen des Inductors verbundenen kleinen Seiten-

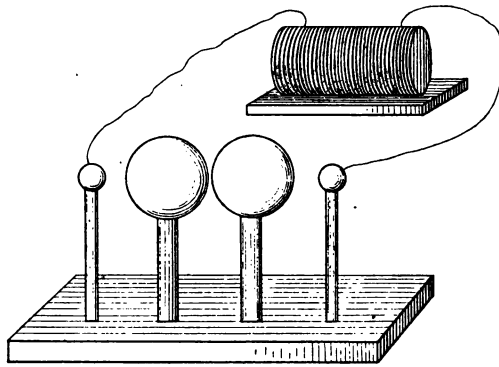


Fig. 8.

kugeln aus werden die grossen durch eine Funkenstrecke geladen. Diese letzteren bilden den Oscillator.

Es erklärt sich aus dem historischen Gang, dass MARCONI bei seinen Anfangsversuchen den Righigeber verwendete. Er nahm an, dass die Wellen, wie sie von ihm bei seiner gewöhnlichen Verwendung ausgehen, auch bei seiner Schaltung entstünden.³ Empirisch fand er bald, dass die Fernwirkung zunahm mit der Länge der verticalen Luftleiter, sowohl derjenigen des Senders, wie des Empfängers; ferner constatirte er als

der Erste die sehr beträchtliche Steigerung durch die Erdleitung. Im Jahre 1896 begann er Versuche in England, welche im Frühjahr 1897 mit Unterstützung von PREECE daselbst fortgesetzt wurden, und welchen auch SLABY als Gast beiwohnte; im Juli 1897 gelang es MARCONI im Golfe von Spezia von Land zu Schiff auf 12 km Depeschen zu geben. Im Herbst desselben Jahres wurden die MARCONI'schen Versuche von SLABY bei Berlin aufgenommen und schon damals mittels Luftballons, die 300 m hoch standen, Depeschen auf 21 km über Land versendet. Heute soll MARCONI bereits auf 300 km mit mässigen, aber mir nicht bekannten Masthöhen telegraphiren (vgl. Anmerkung 10).

Ich verlasse nun die historische Darstellung, um mich der Besprechung eigener Versuche zuzuwenden.

— — —

I. Ueber Hydrotelegraphie.

Meine ersten Versuche und Bemühungen gingen zurück auf die Verwendung der Erde bezw. des Wassers als Leiter, schliessen also gedanklich an die Versuche von RATHENAU und STRECKER⁴ an. Sie unterscheiden sich von ihnen aber durch die folgende Erwägung:

Wenn man (Fig. 9) durch einen Punkt A einer — der Einfachheit halber — unendlich gross gedachten leitenden Platte electrischen Strom zuführt und durch einen Punkt B wieder wegführt, so verbreitet sich die Strömung auf Kreisbögen, welche durch A und B hindurchgehen. Es sind die Strömungslinien. Die Intensität der Strömung ist um so grösser, je kürzer diese Bogen sind, also am stärksten in der Verbindungslinie AB , schwächer je weiter die Bogen von dieser Geraden abweichen. Bringt man nun an zwei Punkten α und β einer Strömungslinie zwei Electroden an, so kann man von ihnen aus „Zweigströme“ abnehmen und etwa zu einem Multiplicator oder Telephon hinführen. Dieser Zweigstrom wird noch beträchtlich sein zwischen α und β , kleiner bei α_1 und β_1 , noch kleiner bei α_2 und β_2 und so gut wie Null zwischen α_3 und β_3 — immer gleiche Abstände der

Electroden vorausgesetzt. Die Versuche am Wannsee, desgleichen die späteren von STRECKER, welcher mittels Electroden, die ins Grundwasser geführt waren, durch den Erdboden Zeichen gab, benutzten wesentlich oder ausschliesslich eine der günstigsten Lagen, indem Sender- und Empfängerstrecke sich parallel und

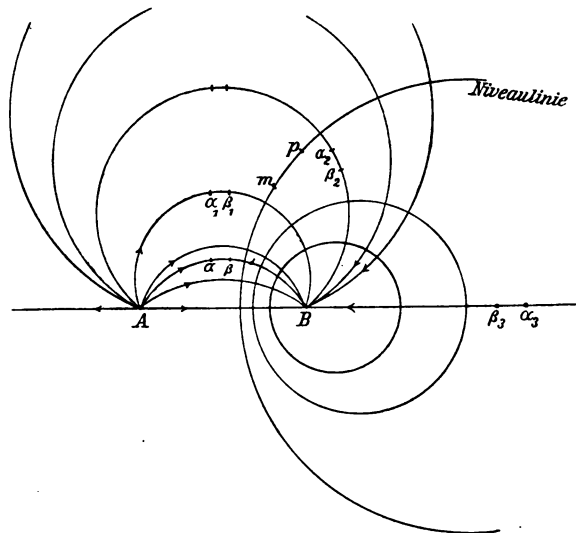


Fig. 9.

senkrecht zur Verbindungslinie der Streckenmittelpunkte gegenüber standen.

Schneidet man die kreisförmigen Strömungslinien durch ein System von Curven, welche überall senkrecht zu den ersteren verlaufen, so erhält man die sogenannten Niveau- oder Aequi-potentiallinien. Geometrisch verhalten sich diese letzteren zu den Strömungslinien wie die Breitengrade der Erde zu den Meridianlinien. Diese Niveaulinien sind dadurch charakterisirt, dass man von zwei Punkten derselben keinen Strom nach aussen

bleiten kann; es herrscht auf allen Punkten einer und derselben Niveaulinie gleiche electrische Spannung. Legt man also z. B. eine Electrode nach m , die andere nach p , so würde bei dieser Lage ein dazwischen angebrachtes Galvanometer kein Zeichen geben.

Diese Stromvertheilung gilt streng für einen constanten und praktisch auch ebenso für einen langsam wechselnden oder „zerhackten Gleichstrom“, wie sie von RATHENAU und STRECKER benutzt wurden.

Handelt es sich nicht um eine leitende Fläche, sondern um einen körperlich ausgedehnten Leiter, wie eine tiefe Wassermasse, so dringen die Ströme auch nach unten in dieselbe ein. Die Ströme verlieren sich also rasch nach allen Seiten hin.

Ganz anders werden sich voraussichtlich die Verhältnisse gestalten, wenn man statt der constanten oder langsam wechselnden Ströme sehr schnell wechselnde, sogenannte Ströme von hoher Frequenz verwendet.

Theorie und Erfahrung zeigen Folgendes: Führt man einem cylindrischen Leiter, etwa einem langen, dicken Kupferdraht, einen constanten Strom zu, so erfüllt er den ganzen Querschnitt gleichmäßig. Die Wechselströme der üblichen Frequenz, wie sie für Beleuchtungszwecke benutzt werden (100 Wechsel = 50 ganze Schwingungen pro Secunde), verhalten sich noch merklich ebenso. Steigert man aber die Frequenz, so wird das Innere des Drahtes immer mehr und mehr stromlos und bei sehr schnellen Schwingungen, wie Leidener Flaschenentladungen oder gar HERTZ'schen Wellen, erfolgt praktisch die Stromleitung nur noch in einer sehr dünnen Oberflächenschicht. Diese Schicht ist ceteris paribus um

so dünner, je besser der Stoff die Electricität leitet. Es gleitet, wie man sich ausdrückt, die Welle nur noch über die Oberfläche weg, und die Vertheilung auf derselben nähert sich, qualitativ gesprochen, der einer freien electrischen Ladung.

Die Ursache dieses Vorganges liegt in der gegenseitigen Inductionswirkung, welche die einzelnen Leitertheile auf einander ausüben.

Diese für einen cylindrischen Leiter theoretisch deducirbare, experimentell gut bestätigte Erscheinung lässt vermuthen, dass auch für einen flächenförmigen oder körperlichen Leiter die Stromvertheilung sehr schneller Schwingungen eine wesentlich andere sein wird als diejenige gewöhnlicher Wechselströme. Es ist zu erwarten, dass 1) die ganze Strömung wesentlich an der Oberfläche bleibt und dass 2) starke Stromlinien sich, im Gegensatz zum Verhalten des constanten Stromes, in weiten Bögen aus der directen Verbindungslinie der Electroden herausdrängen. Auch für mässig gute Leiter, wie Fluss- und Seewasser, wird dies noch gelten. Die praktisch in Betracht kommenden Oberflächenschichten schätzen sich dabei auf rund 1 bis 2 m Dicke und darunter.

Wenn sich diese Vermuthungen bestätigten, so konnte darauf offenbar eine drahtlose Telegraphie durch Wasser hindurch gegründet werden, welche gegenüber den früheren hydrotelegraphischen Methoden sowohl wie der Telegraphie durch den Luftraum hindurch in manchen Fällen unzweifelhaft Vortheile besass. Verlangt wird bei ihr eine zusammenhängende Wassermasse; dagegen konnten Landzungen, Berge, bewachsenes Terrain dazwischen, keine Hindernisse abgeben.

Die erste Aufgabe war: schnelle electriche Oscillationen in Wasser zuzuführen. Auf Herstellung mittels rotirender Maschinen, wie sie TESLA will construiert haben, musste Verzicht

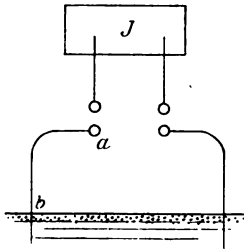


Fig. 10.

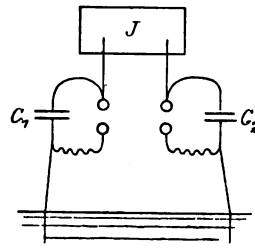


Fig. 11.

eistet werden. Es gelang aber mittels Anordnungen, deren ige in Fig. 10 bis Fig. 16 abgebildet sind. In Fig. 10 ist, wie n sich wohl noch in falscher Analogie auszudrücken pflegt,

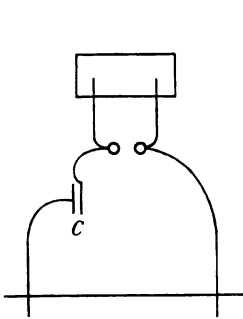


Fig. 12.

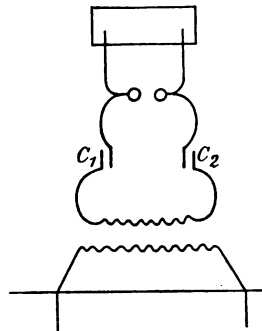


Fig. 13.

oscillirende Leiter mit Funkenstrecken in Serie geschaltet. e Wirkungsweise ist ersichtlich die folgende: Durch den nken tritt eine plötzliche Ladung des Drahtes ab auf; es geht e Erregung von der Kugel aus, welche sich durch den Draht

bis zur Wasseroberfläche fortpflanzt; dort tritt sie theilweise ins Wasser über, theilweise wird sie — wegen der grossen Dielectricitätsconstante des Wassers sogar sehr stark — reflectirt. So bilden sich auf den Drähten und in der Wasserstrecke elektrische Schwingungen aus.

Andere Anordnungen geben Figg. 11 bis 16. Dort bedeuten C überall Condensatoren. Eine besonders wirksame ist die in Fig. 15 schematisch abgebildete. Die Condensatoren waren zwei

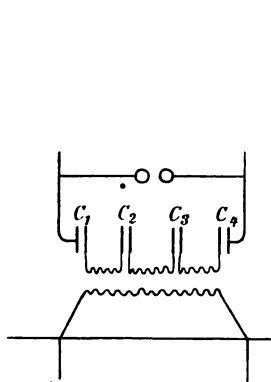


Fig. 14.

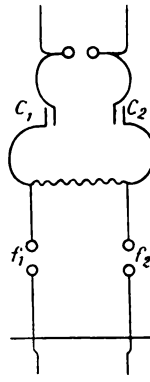


Fig. 15.

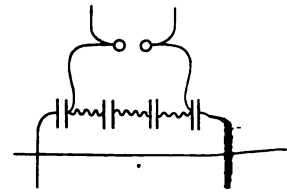


Fig. 16.

Leidener Flaschen von je ca. 2000 cm Capacität; als Selbstinductionsspulen dienten u. A. Spiralen von 10 bis 100 und mehr Windungen Kupferdraht; der Durchmesser der Windungen war zwischen 3 und 15 cm. Die richtige Wahl dieser Spulen ist für günstigste Wirkung sehr wesentlich.

Die Schaltung an der Auffangestelle kann nach Fig. 17 oder 18 gemacht sein; f bedeutet den Cohärer, E ein Element, G den Stromzeiger, C_1 einen Condensator. Dieser kann bei der ersten Schaltung dadurch ersetzt werden, dass man einfach eine Spule besponnenen Drahtes von einigen Metern Länge in das

Wasser wirft. Dieser bequeme Modus wurde meistens benutzt, denn es handelte sich zunächst darum, die Richtigkeit des Principes zu prüfen.

Da die Zuleitungsdrähte zum Wasser in der gegebenen Anordnung gleichfalls von Wellen durchlaufen werden, so war es nöthig Folgendes nachzuweisen: 1) dass die Wirkung nicht durch die Luft übertragen wurde; 2) dass es keine Inductionswirkung im Sinne der PREECE'schen Versuche war, und 3) dass

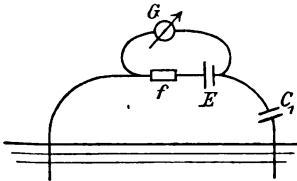


Fig. 17.

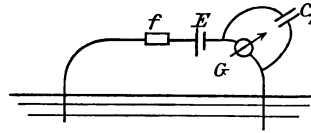


Fig. 18.

die aus der allgemeinen Ueberlegung gezogenen Schlussfolgerungen wenigstens qualitativ zutrafen.

Allen diesen Forderungen konnte genügt werden. Den Beweisen vorausgeschickt sei aber die folgende Bemerkung: Es muss möglich sein, aus dem Wasser Signale herauszuleiten, wie auch immer die Lage $\alpha\beta$ der Auffangestelle zur Verbindungs-
linie ab der Pole der Geberstelle orientirt ist. Denn befinden sich α und β (vgl. Fig. 9) auf Strömungslinien, sind sie also Punkte von verschiedenem Potential, aber gleicher Phase, so ist dies selbstverständlich; liegen sie aber auf einer der dortigen Niveaulinien, so muss dies auch möglich sein; denn wenn die Welle zuerst den Punkt m erreicht, so pflanzt sie sich von da bis zum Cohärer längs des Drahtes fort; der andere Pol des Cohärers hat dann noch anderes Potential so lange, bis die

an m vorbei gelaufene Potentialschwankung den Punkt p im Wasser erreicht und durch den daselbst endenden Draht zum Cohärer zurückgeleitet worden ist. Man übersieht, dass jedenfalls — wenn überhaupt — nur ganz exceptionelle relative Orientirungen der beiden Strecken auffindbar sind, in welchen keine Wirkung eintreten kann; man erkennt ausserdem, dass sich die Wirkungslosigkeit stets durch Aenderung der Cohärenleitung vermeiden lässt.

Wäre nur der erste Impuls maassgebend, so sollte ein Zuleitungsdraht zum Cohärer genügen. Für kleine Entfernungen ist dem thatsächlich so; dass für grössere Entfernungen aber der zweite Draht die Wirkung verstärkt, beweist, dass die Verhältnisse complicirter sind als die vorgetragene Darstellung.

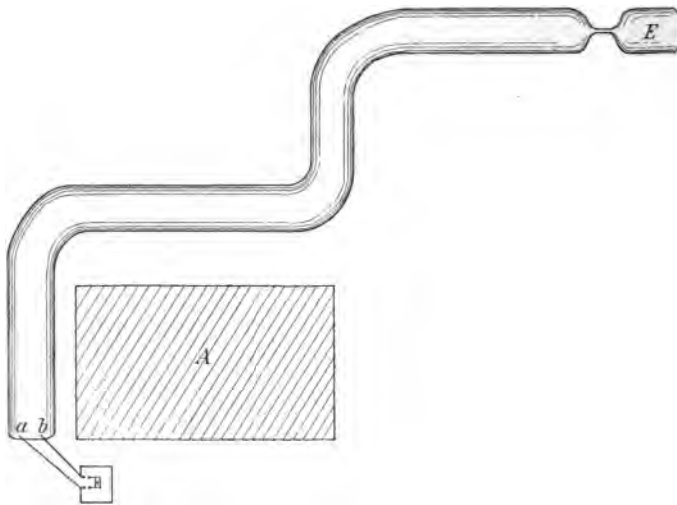


Fig. 19.

Die ersten Versuche fanden (Frühjahr 1898) statt an alten Festungsgräben; die ungefähre Gestalt des einen zeigt Fig. 19.

Der Raum *A* ist mit hohen Gebäuden erfüllt, welche von vorn-
herein die Möglichkeit einer directen Wirkung durch die Luft
fast ausschlossen. Die Versuche gelangen gut auf dem ganzen
Wassergraben bis zur letzten Ecke; die Wirkungen nahmen aber
sofort sehr beträchtlich ab, wenn die Auffangedrähte in das
Becken *E* verlegt wurden, welches nur durch eine noch nicht
meterbreite und wenige Centimeter tiefe Wasserrinne mit der
Hauptwassermasse communicirte, konnten
aber durch Wahl einer günstigeren Spule im
Sender auf den Werth, den sie im zusammen-
hängenden Wasser zeigten, gebracht werden.

In anderen Versuchen wurden *ab* und
αβ orientirt, wie Fig. 20 zeigt; hier war
die Wirkung die gleiche, als wenn *αβ*
parallel zu *ab* gedreht wurde, ein Beweis,
dass die Wirkung nicht nach der PREECE'-
schen Anordnung zu Stande kommt.

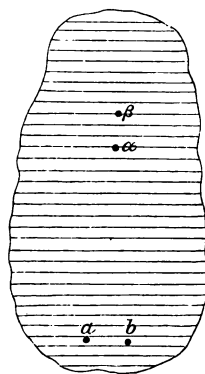


Fig. 20.

Es wurde dann versucht wie die Erschei-
nungen sich machten, wenn die Auffangedrähte in der für statio-
näre Ströme möglichst ungünstigen Lage $\alpha_3\beta_3$ (Fig. 9) sich
befanden. Die Linien *ab* und *αβ* waren etwa 80 m lang und be-
fanden sich an einem fast geradlinigen Ufer des Rheines; es konnten
längs des Rheines bezw. aus dem Rhein in die Kinzig hinauf bis
zu etwa 1600 m Signale gegeben werden. In dem den Rhein
umgebenden, wasserdurchzogenen Kiesboden wurde etwa nur
die halbe Entfernung erreicht. Mit den blossen Inductor-
ladungen war keine Wirkung vorhanden.

Diese und eine Reihe ähnlicher Versuche zeigten die

Richtigkeit des Princips. Eine wichtige Frage war aber noch, ob und bis zu welchen Entfernungen auch in Seewasser Signale verschickt werden könnten. Denn wenn die Methode auch den Vortheil bietet, dass die ausgegebene Energie in einer verhältnissmässig sehr dünnen Oberflächenschicht verbleibt, so muss eine Abnahme derselben mit zunehmender Entfernung ausser der Ausbreitung auf grössere Flächen noch eintreten in Folge eines Umsatzes in JOULE'sche Wärme.

Versuche, welche deshalb später bei Cuxhaven auf eine Entfernung von rund 3 Kilometer angestellt wurden, gaben ein positives Resultat.

Zur Beurtheilung dieser Versuche ist zu bemerken, dass sie 1) mit schwachen Kräften gemacht wurden; es diente meist nur ein Inductor von 10 cm Schlagweite und eine Stromquelle von 8 Bunsenelementen dazu; die Funkenstrecken f_1 und f_2 (Fig. 15) waren in allen Fällen nur 1 bis $1\frac{1}{2}$ mm lang; 2) waren die Anordnungen nicht günstig; die langen Zuleitungsdrähte waren selber von schnellen Schwingungen durchlaufen und strahlten unausgenutzte Energie in den Raum. Die starke Reflexion an einem Mittel mit dem electrischen Brechungs-exponenten 9 ist jedenfalls auch nicht günstig. Man muss suchen sie zu vermeiden. Durch Schaltungen etwa nach dem Schema Figur 21 sollten diese Uebelstände mehr oder weniger vermieden werden. Es sind dort gewissermaassen zwei genau gleichzeitig arbeitende Inductoren dem Schwingungskreis gegenüber angebracht.

Die Versuche wurden, wie gesagt, einstweilen verlassen; ihre Ergebnisse sind aber vom wissenschaftlichen und prak-

tischen Standpunkt aus aussichtsvoll genug, um sie weiter zu verfolgen. Insbesondere wäre zu prüfen, wie sich die Wirkungen gestalten, wenn man einen metallischen Oscillator in das Wasser

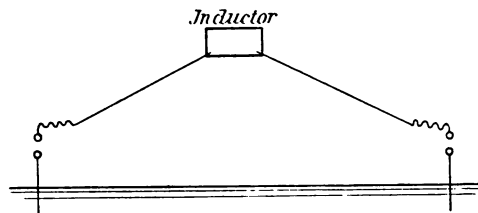


Fig. 21.

versenkt, den man etwa durch in Luft oder Oel überspringende Funken erregt; wie sich Solenoide verhalten, welche von Wasser umgeben, von Oscillationen durchlaufen werden. Die Schwingungszahl der Oscillationen wird man zweckmässig der Leitfähigkeit anpassen.⁵

II. Versuche mit Uebertragung durch Luft.

MARCONI hatte, wie erwähnt, schon 1897 Entfernungen bis zu etwa 12 km mit mässigen Masthöhen erreicht. Wenn man soweit ist, sollte man denken, müsse auch leicht die doppelte, drei- und mehrfache Entfernung erzielt werden können; man brauche dazu nur die Kraft des Gebers, also die Länge der Funkenstrecke entsprechend zu vergrössern. Dem ist aber nicht so. Wie schon HERTZ fand, ist, um „wirksame“ Funken zu erhalten, eine gewisse Länge derselben am günstigsten. Ueberschreitet man dieselbe, so wird der Funke weniger activ, d. h. er erzeugt nicht mehr in der gleich guten Weise elektrische Wellen.

Die Ursache dieser Erscheinung ist offenbar darin zu suchen, dass der Widerstand der Funkenstrecke die Schwingungen dämpft; ihre Energie verwandelt sich auf der Funkenbahn in Wärme.⁶

Darin liegt eine Beschränkung der MARCONI'schen Geberanordnung. Auch eine Vergrösserung der Oberfläche des Senders durch angehängte Flächen oder Netze aus Metall nützt nicht viel. Das einzig wirksame, aber natürlich sonst unbequeme Mittel ist Verlängerung der Senderhöhe.

Es kommen dazu noch andere Uebelstände. Die starken Ladungen des Gebers können gelegentlich gefährlich werden und erfordern ausserdem eine gute Isolation; wird diese einmal beispielsweise durch ein anliegendes nasses Tau, Nebel u. s. w. mangelhaft, so kommt die Ladung gar nicht oder höchst unbedeutend zu Stande, der Geber versagt seinen Dienst.

Endlich sind die Schwingungen sehr stark gedämpft: theils durch den Funken und den Widerstand des Oscillators, theils dadurch, dass sie ihre Energie in den umgebenden Raum abgeben. Diese letztere Dämpfungsursache ist unvermeidlich, denn sie ist die Bedingung für die hier gewünschte Fernwirkung. Aber immerhin ist sie eine unangenehme Beigabe. Denn einmal werden längere Zeit anhaltende Schwingungen auch stärkere Aussenwirkung bedingen, ähnlich wie ein sehr schnell verklingender Ton eine geringere Intensität der Klangwirkung setzen wird, als ein etwas länger anhaltender. Doch wäre denkbar — man nahm es früher sogar allgemein an — dass dieser Umstand bei der Wirkung der electrischen Wellen auf den Cohärer nicht in Betracht komme, sondern für dessen Ansprechen nur der kräftigste, also erste Impuls entscheidend sei. Immerhin sind aber auch Empfangsapparate denkbar und sogar erwünscht, welche diesen discontinuirlichen Charakter nicht haben, sondern quantitativ anzeigen.

Ferner sind schnell verklingende Schwingungen nicht geeignet, um eine andere wichtige Aufgabe zu lösen: die Abstimmung eines Empfängers auf einen Sender. Dazu ist nöthig, dass die erregende Schwingung längere Zeit mit merklich gleicher

Intensität anhält. Nur dann kommt die Steigerung der Amplitude durch die Resonanz im Wellenempfänger zur Geltung.

Diese Thatsache ist aus dem Gebiete der Akustik längst bekannt, theoretisch und experimentell vollständig geklärt. Auch für electriche Wellen gilt sie; sie hat Erscheinungen, welche man einige Zeit lang falsch auffasste, richtig interpretiren lassen, sobald man über die Dämpfungsverhältnisse im Klaren war. Es sind die Erscheinungen, welche man als „multiple Resonanz“ bezeichnete.

Einige Beobachter glaubten, dass von einem HERTZ'schen Erreger unendlich viele verschiedene Schwingungen ausgingen, ähnlich wie im weissen Licht unendlich viele verschiedene Schwingungen (Farben) enthalten sind. Man untersuchte nämlich mittels sogenannter electriche Resonatoren, d. h. mit Drahtkreisen, welche je auf eine bestimmte Schwingung abgestimmt waren, die von einem Sender ausgehenden Wellen und fand, dass nicht nur ein, sondern sehr viele Resonatoren electriche ansprachen. Der Schluss schien demnach gegeben — aber er war falsch. In Wirklichkeit zeigte sich die Sache so:

Die Schwingungen des Senders waren so stark gedämpft, dass sie schon nach wenig Schwingungen erloschen. Die Resonatoren dagegen sind schwach gedämpft. In diesem Fall regen die wenigen Impulse des Gebers immer die Eigenschwingung des Resonators an, ähnlich wie jeder Impuls, jeder Schlag, welches auch sein zeitlicher Verlauf sei, in einer Stimmgabel oder einer Saite oder einem Stück Holz dessen Eigenton hervorruft, oder wie der Wind die Saiten einer Aeolsharfe stets zu deren Tönen anregt. Ein bekannter physikalischer Versuch ist folgender:

Man nimmt vier Pappröhren, wie Thermometerfutterale, deren Längen sich verhalten wie 4:5:6:8; jede Röhre trägt eine Kappe. Zieht man rasch die Kappen ab, so entsteht in jeder Röhre ein Ton; die Töne der vier Röhren geben einen Duraccord.

Die Erklärung ist die folgende: Während des schnellen Abziehens der Kappe bildet sich im Rohre ein luftverdünnter Raum. Beim Oeffnen stürzt die äussere Luft hinein, es bildet sich ein „Verdichtungsstoss“, welcher die Röhre von oben nach unten durchläuft, dort reflectirt wird, nach oben wandert, wieder reflectirt wird und so die Luft in der Röhre zu einer Schwingung veranlasst, deren Schwingungszahl d. h. deren Tonhöhe offenbar nur abhängt von der Länge der Röhre, nicht von der Art des äusseren, erregenden Impulses.

Anders wenn wir eine Stimmgabel davorhalten, d. h. eine schwach gedämpfte Schwingung auf die Luftsäule wirken lassen. Zwar überträgt dann jede Gabel etwas Bewegung auf die Wände und jede Gabel klingt dann etwas lauter, aber eine kräftige Verstärkung des Tones, eine laut hinhallende Resonanz tritt nur ein, wenn der Ton der Gabel mit dem Eigenton der Röhre ganz oder fast vollkommen übereinstimmt.

Schwach gedämpfte Senderschwingungen sind die Grundbedingung für eine gut ausgesprochene Empfängerabstimmung (vgl. S. 52). —

Allen hier gestellten Anforderungen kann man nun genügen durch Anordnungen, wie ich sie im Jahre 1898 bereits gegeben habe. Sie sind in sehr verschiedenen Formen ausführbar, kommen aber wesentlich darauf zurück, dass man 1) die

Funkendämpfung möglichst klein macht, und 2) dem möglichst stark erregten Sender sowohl die in Wärme verwandelte wie die ausgestrahlte Energie gewissermaassen aus einem Reservoir nachliefert.

Die Hauptformen sind die folgenden:

1) Man stellt sich einen Schwingungskreis her aus Capacitäten, welche so gross sind, als es sonst die Bedingungen des

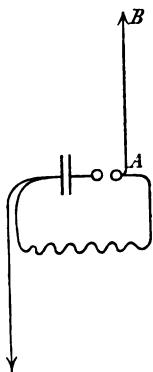


Fig. 22.

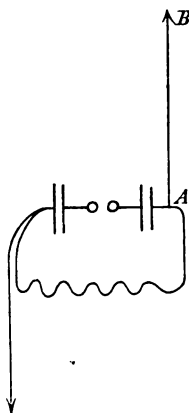


Fig. 23.

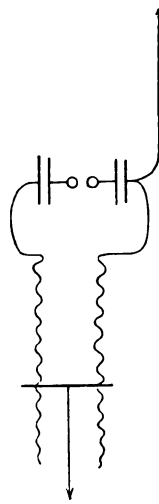


Fig. 24.

Versuches, in erster Linie die — etwa durch den Sender bestimmte — oder sonst gewünschte Schwingungszahl, gestatten; diese entladen sich in einem Schliessungsbogen; an denselben ist einerseits der Sender angelegt, andererseits kann ein Punkt des Kreises an Erde gelegt sein.⁷ Die Figg. 22 bis 24 zeigen einige der möglichen Ausführungsformen, welche durchaus an die Formen für Hydrotelegraphie erinnern.

Die Flaschen werden mit einer beliebigen Electricitätsquelle,

meist einem Inductor oder Wechselstromtransformator, geladen. Bei der Entladung schwankt die electrische Spannung auf allen Punkten des Schliessungsbogens periodisch hin und her; die Amplitudendifferenz zwischen zwei Punkten hängt (Capacitätslosigkeit des Zwischenstückes vorausgesetzt) ab von dem Werth der zwischen ihnen gelegenen Selbstinduction. Der untere Punkt *A* des Senders schickt daher Wellen in ihn hinein, welche am oberen Ende reflectirt werden und ihn in stehende Schwingungen versetzen, wenn ihre Periode mit der Eigenschwingung des Senders übereinstimmt. Die Energie, welche ausstrahlt, wird aus dem Schwingungskreise, wie aus einem Reservoir, nachgeliefert. Denn die Schwingungen eines solchen mit grossen Capacitäten versehenen Kreises sind erfahrungsmässig schwach gedämpft.

2) Die zweite Grundform ist die der inductiven Erregung (Fig. 25). Der Flaschenkreis entladet sich durch gewöhnlich einen einzigen dicken, kreisförmigen Metalldraht, den sogenannten Primärkreis. Das untere Ende des Senders ist spiralig gewickelt, und diese Spiralen umgeben die Primärwindung. Hier werden lediglich durch Induction in der Secundärwindung Schwingungen erregt; durch Resonanz steigen die Schwingungen im Sender an und erreichen sehr hohe Amplituden, wobei die ausgestrahlte Energie wieder aus dem Primärkreise gedeckt wird. Das Abgleichen auf Resonanz ist auch hier sehr wesentliche Bedingung, soll die Vorrichtung zu ihrer vollen Wirksamkeit kommen.

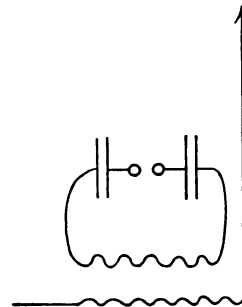


Fig. 25.

Ein mechanisches Beispiel mag dies erläutern. Die beiden Pendel (Fig. 26) sind von gleicher Schwingungsdauer, aber die Linse des einen ist 400 g schwer, die des anderen wiegt nur etwa 100 g. Beide sind durch einen, etwas belasteten Faden mit einander verknüpft. Ich halte das leichtere Pendel an, ziehe das schwerere aus der Ruhelage und lasse beide gleich-

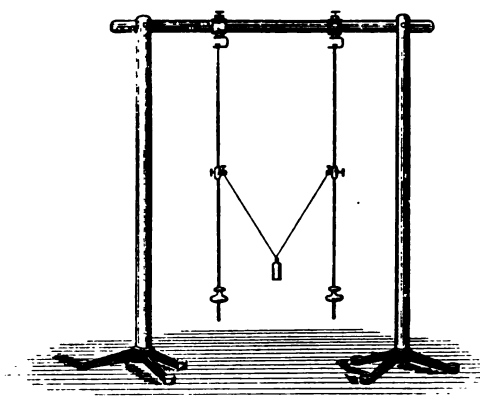


Fig. 26.

zeitig los. Das vorher ruhige Pendel fängt nun auch an sich zu bewegen, aber gleichzeitig nimmt die Amplitude des schwereren ab. Es hat seine Energie theilweise auf das andere übertragen. Dies setzt sich fort, bis nach etwa 20 Schwingungen das erregende Pendel ganz zur Ruhe gekommen ist; alle Energie ist jetzt auf das leichtere übertragen und seine Amplitude ist daher viel grösser als die Anfangsamplitude des schweren Pendels war. (Von da wiederholt sich die Uebertragung wieder im umgekehrten Sinne.)

Ganz ebenso verhält es sich hier im electrischen Versuch.

Was dort die Masse, ist hier die Capacität; was akustisch die Amplitude, ist electrisch die Spannung. Aus dem Primärkreis mit grossen Capacitäten, aber mässigen Spannungen kann ich im Secundärkreis mit kleineren Capacitäten grosse Spannungen erzeugen; die Schwingungen steigen bis zu einer gewissen Höhe an, und es wird sich für einige Zeit ein stationärer Zustand herstellen, dadurch charakterisirt, dass die nach aussen abgegebene Energie aus dem Primärkreis gedeckt wird.

Jeder Vergleich hinkt — und dieser scheint es ganz besonders zu thun. Man wird sagen: „Kein Wunder, dass die Pendel sich gegenseitig beeinflussen, denn sie sind durch einen Faden mit einander verknüpft. Nicht so die electrischen Systeme.“ Der Faden ist im electrischen System auch vorhanden. Es sind die electrischen Verschiebungen, welche im umgebenden Mittel von den elektrischen Strömen des Primärleiters erregt werden, deren Energie sich von Schicht zu Schicht mit Lichtgeschwindigkeit überträgt, es sind die magnetischen Kräfte, welche den Raum durchsetzen, bis sie die Secundärwindungen erreichthaben und uns dort sichtbare Wirkungen wieder hervorrufen. Kräfte sind unsichtbare Fäden. —

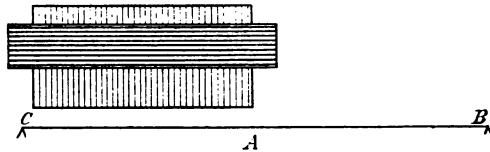


Fig. 27.

Wenn wir die electrische Strömung im Sender akustisch mit den Amplituden vergleichen, so verhält sich der Sender wie eine an beiden Enden befestigte Saite (Fig. 27), repräsentirt also, wenn er — wie gewöhnlich — an beiden Enden frei in die Luft endet, eine halbe Wellenlänge oder

The present report is of the nature
of a preliminary study and has
the object of pointing out the
main features of the problem
as it arises from the facts
and figures which are at present
available. It is not intended
to be a final report of the
work done in the past few
years.

The first part of the report
is devoted to a description of
the material which has been
collected. This includes a
list of the names of the
persons who have been
examined, and a description
of the methods which have
been used.

The second part of the report
is devoted to a description of
the results which have been
obtained. This includes a
description of the various
types of cases which have
been observed, and a
description of the various
methods which have been
used to treat them.

Date	Various measurements	
	Various measurements	ma in
1910	100	100
1911	100	100
1912	100	100
1913	100	100
1914	100	100
1915	100	100
1916	100	100
1917	100	100
1918	100	100
1919	100	100
1920	100	100
1921	100	100
1922	100	100
1923	100	100
1924	100	100
1925	100	100
1926	100	100
1927	100	100
1928	100	100
1929	100	100
1930	100	100
1931	100	100
1932	100	100
1933	100	100
1934	100	100
1935	100	100
1936	100	100
1937	100	100
1938	100	100
1939	100	100
1940	100	100
1941	100	100
1942	100	100
1943	100	100
1944	100	100
1945	100	100
1946	100	100
1947	100	100
1948	100	100
1949	100	100
1950	100	100
1951	100	100
1952	100	100
1953	100	100
1954	100	100
1955	100	100
1956	100	100
1957	100	100
1958	100	100
1959	100	100
1960	100	100
1961	100	100
1962	100	100
1963	100	100
1964	100	100
1965	100	100
1966	100	100
1967	100	100
1968	100	100
1969	100	100
1970	100	100
1971	100	100
1972	100	100
1973	100	100
1974	100	100
1975	100	100
1976	100	100
1977	100	100
1978	100	100
1979	100	100
1980	100	100
1981	100	100
1982	100	100
1983	100	100
1984	100	100
1985	100	100
1986	100	100
1987	100	100
1988	100	100
1989	100	100
1990	100	100
1991	100	100
1992	100	100
1993	100	100
1994	100	100
1995	100	100
1996	100	100
1997	100	100
1998	100	100
1999	100	100
2000	100	100
2001	100	100
2002	100	100
2003	100	100
2004	100	100
2005	100	100
2006	100	100
2007	100	100
2008	100	100
2009	100	100
2010	100	100
2011	100	100
2012	100	100
2013	100	100
2014	100	100
2015	100	100
2016	100	100
2017	100	100
2018	100	100
2019	100	100
2020	100	100
2021	100	100
2022	100	100
2023	100	100
2024	100	100
2025	100	100
2026	100	100
2027	100	100
2028	100	100
2029	100	100
2030	100	100
2031	100	100
2032	100	100
2033	100	100
2034	100	100
2035	100	100
2036	100	100
2037	100	100
2038	100	100
2039	100	100
2040	100	100
2041	100	100
2042	100	100
2043	100	100
2044	100	100
2045	100	100
2046	100	100
2047	100	100
2048	100	100
2049	100	100
2050	100	100
2051	100	100
2052	100	100
2053	100	100
2054	100	100
2055	100	100
2056	100	100
2057	100	100
2058	100	100
2059	100	100
2060	100	100
2061	100	100
2062	100	100
2063	100	100
2064	100	100
2065	100	100
2066	100	100
2067	100	100
2068	100	100
2069	100	100
2070	100	100
2071	100	100
2072	100	100
2073	100	100
2074	100	100
2075	100	100
2076	100	100
2077	100	100
2078	100	100
2079	100	100
2080	100	100
2081	100	100
2082	100	100
2083	100	100
2084	100	100
2085	100	100
2086	100	100
2087	100	100
2088	100	100
2089	100	100
2090	100	100
2091	100	100
2092	100	100
2093	100	100
2094	100	100
2095	100	100
2096	100	100
2097	100	100
2098	100	100
2099	100	100
2100	100	100

Die Versuche im Freien bestätigten unter allen Umständen Ueberlegenheit gegen die Marconischaltung, und da diese

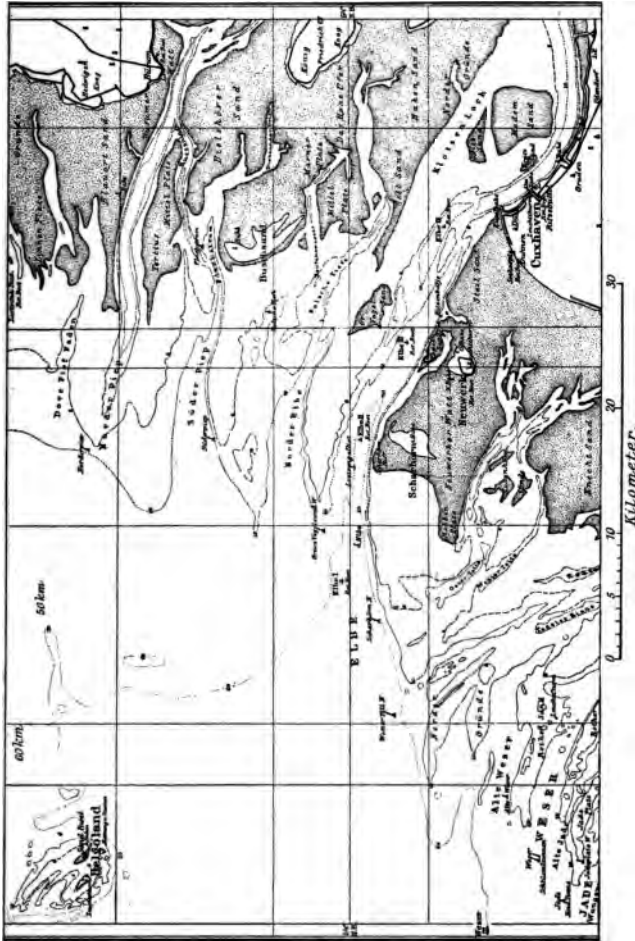


Fig. 28. Elbemündung.

ferum bessere Wirkungen giebt, als sonst bekannte Schälgen, z. B. die SLABY-ARCO'sche, so ist sie als die wirksamste Zeit bekannte zu bezeichnen.



Fig. 29. Feuerschiff Elbe.

Die ersten Erfahrungen in Strassburg, Sommer 1898, schon zeigten dies. Da, wo mit Marconischaltung bei sich gegenseitig theilweise sehendem Geber und Nehmer eben Zeichen wahrzunehmen waren, bestand volle Sicherheit mit der neuen Schaltung. Diese blieb auch dann noch, als eine Kirche oder hohe Häuserblocks den Empfänger vollständig gegen den Sender verdeckten. Die Energie der um die Häuser gebeugten Wellen war noch grösser als die direct von der Marconischaltung aufgefangene. Die Versuche wurden dann im Sommer 1899 in Cuxhaven durch Prof. Dr. CANTOR, und später, bis Herbst 1900, durch Dr. ZENNECK fortgesetzt.

Fig. 28 zeigt das Terrain. In dem schmalen, beiderseits von gefährlichen Sandbänken begrenzten Fahrwasser der Elbemündung liegen als Wegzeiger sowohl, wie theilweise als Wartestätte der Lotsen die vier Feuerschiffe Elbe IV bis Elbe I (vgl. Fig. 29). Am Lande befinden sich „Seezeichen“, darunter als besonders frei vorgeschobenes die Kugelbake (Fig. 30); etwa 3 km von letzterer entfernt, in der Richtung nach der Elbemündung zu ein verhältnissmässig niedriger Leuchtturm und in dessen Nähe, etwas mehr landeinwärts, das „Lotsenhaus“. In ihm versammeln sich die nach dem Meere bzw. nach dem äussersten Feuerschiff hinausfahrenden Lotsen, nach dort kehren sie zurück, dort wickeln sich alle auf den Lotsendienst bezüglichen Vorgänge, Meldungen u. s. w. ab.

Der Hamburger Staat stellte mit dem äussersten Entgegenkommen alle Oertlichkeiten, wie Seezeichen, Leuchttürme, Feuerschiffe, für die Versuchszwecke zur Verfügung; von allen Behörden erfuhren wir die wohlwollendste Förderung. Die Be-



Fig. 29. Feuerschiff Elbe.

deutung der Bemühungen wurde sofort klar erkannt, andererseits wartete man mit Geduld die allmähliche Entwicklung ab.⁹

Und Geduld war thatsächlich nöthig. Bisher hatte ich nur Erfahrungen auf geringe Entfernungen über Land und unter ganz anderen Verhältnissen. Der Sender war dort nur auf eine Länge von wenig Metern über die benachbarten Gebäude hinweggegangen, der Träger für den Empfänger eine Hopfenstange von 6 m Länge gewesen. Dort hatte es sich zunächst darum gehandelt — und dazu war der Thurm des physikalischen Instituts gut geeignet — die Versuchsbedingungen, insbesondere am Sender, zu variiren. Es war dort oberes und unteres Ende des Gebers gleich leicht zugänglich; für die Praxis musste man damit rechnen, dass meist nur das untere Ende zur Verfügung stehe. Auf diesen Zweck hin wurden die Methoden durchgearbeitet. Aber trotzdem — konnten die Anordnungen, die bei den Versuchen über Land sehr hoffnungsvoll erschienen, nicht über Wasser hin wesentlich schlechter wirken, um so mehr, als sie auf eine Mitwirkung der Erde Verzicht leisteten?

Die ersten Versuche schon zeigten das Unbegründete der Befürchtungen. Aber trotzdem ging es nur langsam voran. So anregend für mich die Beobachtungen in Strassburg gewesen waren, wo man in Anlehnung an die Mittel eines gut ausgerüsteten Instituts den Laboratoriumsversuch auf grössere, aber doch immerhin noch leicht zugängliche Entfernungen ausdehnte, wo die Versuchsbedingungen leicht und rasch variirt werden konnten, so dass Alles mehr einem grösseren wissenschaftlichen Experimente glich, so viel zeitraubende, abstumpfende Widerwärtigkeiten stellten sich hier in den Weg. Der Seewind

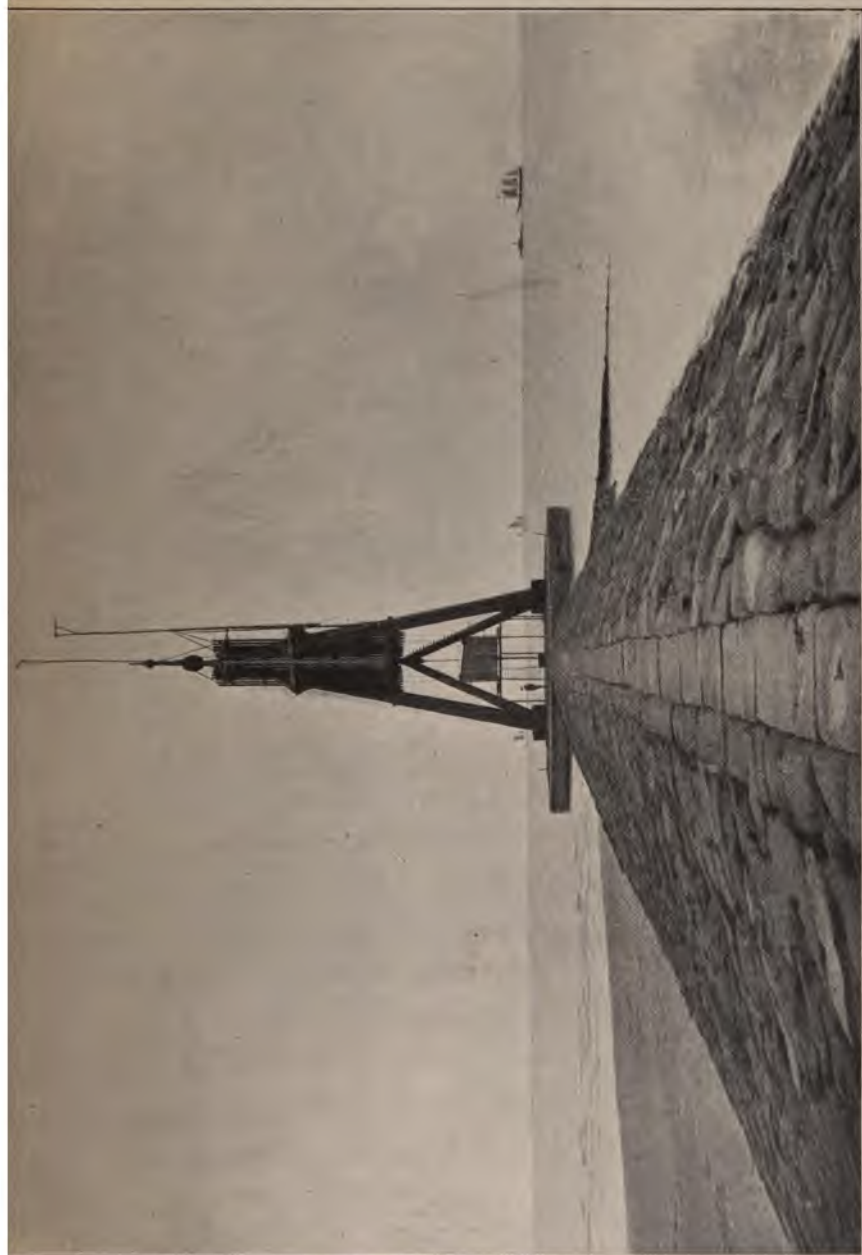


Fig. 30. Station Kugelbake.

legte sich mit einem ungemeinen Druck schon in einen ein-
reihen hochgezogenen Draht. Keine Versuchsbedingungen, z. B.
das Einhängen einer Drahtspule in denselben, ohne Stunden
kosten, ehe man den Einfluss auf das Resultat wusste. Im ent-
scheidenden Moment des der Wirt die Befestigungen durch-
und für den Versuch von neuem bestimmte Vorstände konnte
die Hauptschwierigkeit liegen. Einfließen derer verhindern
günstlich die Verabreichung einer gewissen Signale. Dab-
mussten auf Bedingungen, die nur 11 km schon meterlang
in Fährungen befestigte „Strömungen“ verteilt werden. Die
war bei den Anfangsversuchen von Norbert nach Kugelbal-
der Fall. Dabei war die auf der Insel Norbert gelegene Station
nur während der Eidenen erreichbar. Sammlung des Personal-
zweckmäßiges Versuchsprogramm gegenseitige Verständigung
über die Resultate. Einmal von Stunden und tausender
Anderes können erst einmündig kommen und nahmen kostbare
Zeit hinweg.

Die Abkühlung der Sonne Kugelballe giebt eine Erläu-
terung: die Versuchsbühne hängt wie am Käftig, in der Luft.
Warum? Ursprünglich stand sie auf der Plattform unterhalb
des Gerätes. Eines Tages kam eine Springfluth, welche die
Plattform überspülte. Als sie sich verlaufen hatte, fand sich die
Hütte einige Meter verschoben, aber alles in ihr war wesentlich
intact geblieben. Sie wurde jetzt mit Seilen und Ketten an den
mächtigen Balken des Stützgerüsts verankert. Aber es kam
eine zweite mächtigere Fluth, welche die Hütte mit allen Appa-
raten in das Meer trug. Viele Vorrichtungen, welche zum Ver-
gleich des Wertes verschiedener Beobachtungsreihen gedient

hatten, waren damit verloren. Die jetzige Anlage, welche ihre Form dem Rath eines befreundeten Technikers verdankt, hat sich seitdem gehalten; aber doch haben die starken Stürme des letzten Winters das Wasser hoch hineingetrieben und viel geschadet.

Noch mehr Zeit kosteten die Installationen auf den Feuer
schiffen. Es ist in Wochen lang nicht möglich, Apparate auf
dieser zu bringen und wird es ungünstiger Jahreszeit
ganz Tag verunmündet. Es kann man rechnen auf der letzten
Wieder ansetzen von

~~It was the "Secretariat General" of the "Central Committee"~~
~~and it is the "Secretariat General" for managing the whole work.~~
~~SECRET~~

1. The first part of the document is a list of names and addresses, which are to be used for the purpose of the investigation. The names are to be written in the first column, and the addresses in the second column. The names are to be written in the first column, and the addresses in the second column.



Fig. 33. Battleship "Oregon" of the Navy.

so dauerte das Erkennen und die Beseitigung mancher verhältnissmässig geringfügigen technischen Uebelstände recht lange. Andererseits boten die oft sehr stürmischen Ueberfahrten auf dem stark bewegten kleinen Dampfer ein gutes praktisches Kriterium. Das schliessliche Ergebniss war, dass regelmässig auf mindestens 32 km fehlerfreie Telegramme, auf mehr denn 50 km noch Zeichen erhalten wurden. Sie bewiesen, dass der Nachtheil kleiner Senderhöhen durch eine entsprechend grössere Energieausgabe ausgeglichen werden kann.

Gegen Ende des Winters 1899/1900 wurden auch die Feuer-schiffe Elbe II und Elbe I installiert; die Versuche gingen gut und glatt in allen Wettern und bei allen Lagen der Schiffe. Der Leuchtturm Neuwerk war mit Geber- und Empfängerstation versehen, und es sollte nun zu einer Verbindung von Helgoland mit Cuxhaven geschritten werden, nachdem durch das Entgegenkommen der zuständigen Behörde und dank insbesondere der Freundlichkeit des Commandeurs von Helgoland, Admiral VON SCHUCKMANN, die Erlaubniss zur Errichtung eines 30m hohen Mastes auf dem Oberland der Insel gegeben war. Die aber gleichzeitig gewünschte und praktisch sehr wichtige definitive Herstellung einer Verbindung mit Elbe I kostete bei den schon erwähnten äusseren Schwierigkeiten mehr Zeit, als man je in Rechnung gesetzt hatte, und so zogen sich die Helgoländer Versuche bis in den Spätsommer hinaus.

Bei ihnen wurden nochmals Parallelversuche gegen Marconischaltung vorgenommen.¹⁰ Die Masthöhen waren 29 und 31 m. Alle mit der beschriebenen inductiven Erregung versendeten Zeichen, gut dimensionirte Apparate vorausgesetzt, kamen an;

mit Marconischaltung dagegen wurden von etwa 450 Zeichen kein einziges auf der Empfangsstation beobachtet; dabei wurde die Energiezufuhr bei ihr bis zur äussersten erreichbaren Grenze getrieben. Die übrigen Bedingungen waren dabei streng identisch.

Die folgende Tabelle giebt eine Uebersicht der Resultate:

		Erreichte Ent- fernung (E)	Masthöhen		Product (P') der Masthöhen	Relative Trag- weite $\frac{E}{P'}$ ^a
Methode der inductiven Ladung	Silvana-Kugelbake	32 km	15 m	29 m	435	74
	Elbe I- „	32	30	29	870	37 ^b
	Helgoland- „	63	31	29	900	69
Marconigeber	Borkum-Borkum					
	Feuerschiff	32	40	38 ^c	1520	21
	Nordamerik. Kriegsm.	13,5	13,5	39	526	25

^a Dem Product der Masthöhen soll ungefähr die erreichbare Entfernung proportional sein.

^b Die thatsächliche Entfernung ist hier viel kleiner als die erreichbare; daher die kleinere relative Tragweite.

^c Die Masthöhen sind, jedenfalls für Borkum-Feuerschiff, wie ich gehört habe, später erniedrigt worden; genauere Zahlen kenne ich nicht.

Wenn man die zu Grunde gelegte Regel, nach welcher die relative Tragweite berechnet ist, auch gewiss nicht wörtlich nehmen darf, noch wird, so zeigt doch die Tabelle, dass die „Tragweite“ des hier besprochenen Senders trotz unempfindlichen Empfängers diejenige des Marconisenders (unter Benutzung empfindlicheren Empfängers) nach dem vorliegenden Thatsachenmaterial etwa um das $2\frac{1}{2}$ fache übertrifft.

Die Grenzen der Leistungsfähigkeit sind damit aber noch keineswegs erreicht; die Methode gestattet noch eine grosse Zahl günstiger Combinationen. So lässt sich die ausgestrahlte Energie steigern, indem man mehrere Primär- und ebenso die Secundärspulen parallel schaltet und gleichzeitig die Capacität der Condensatoren erhöht. Richtig dimensionirte Apparate lassen sich auch hinter einander schalten und dadurch die Spannung vergrössern.

Die Stärke der Koppelung zwischen den beiden Schwingungskreisen einerseits, die relative Dämpfung andererseits bestimmt die Reinheit der Schwingungen im Sender. Je nachdem man stärkere Impulse oder reinere Schwingungen wünscht, ist hier nach theoretisch klar gelegten Principien und auf Grund von experimentell messbaren Grössen die Dimensionirung zu treffen.

Der Aufgaben sind noch zahlreiche, von praktischem Werth und von hohem wissenschaftlichen Interesse. Der grösste Theil derselben ist jetzt bereits der Rechnung und dem messenden Experimente zugänglich. Es ist hier nicht der Ort und auch noch nicht die Zeit, auf die neuen Methoden, welche zum Studium der Erscheinungen sich bereits entwickelt haben, einzugehen.

III. Ueber abgestimmte Telegraphie.

(Nach einem Referate über den in der Oberrheinischen Gesellschaft für Luftschiffahrt gehaltenen Vortrage in der „Strassburger Post“ vom 1. Februar 1901. Wir werden uns für den Augenblick auf diese Mittheilungen beschränken; ein Eingehen auf Einzelheiten ist zur Zeit noch nicht möglich.)

Während MARCONI (vgl. Anmerk. 3) mit HERTZ'schen, d. h. sehr kurzen Wellen zu arbeiten glaubte, wurde in klar ausgesprochener Weise zum ersten Mal mit unzweifelhaft langen electrischen Wellen bei den mitgetheilten Versuchen operirt. Bei ihnen werden die Entladungen von Condensatoren in Inductionsspulen benutzt, die den Sender entweder direct speisen oder ihre Energie auf den funkenlosen Sender inductiv übertragen. Damit werden sehr energische, reine, schwach gedämpfte Schwingungen erzeugt; gleichzeitig wurde durch diese Versuche das Gebiet der verwendbaren Wellen ausserordentlich erweitert. Diese Wellen, wie sie jetzt auch SLABY im engen Anschluss an die oben beschriebenen Anordnungen benutzt hat, erfüllen die Grundbedingung, die für ein electrisches Abstimmen von einem Sender auf einen Empfängerapparat nöthig ist. Die Hoffnungen, die man auf diese Schwingungen setzen konnte, haben sich inzwischen immer mehr erfüllt, nicht nur bezüglich der grösseren Trag-

fähigkeit, sondern auch bezüglich der Verwendung für „abgestimmte“ Telegraphie und damit gleichzeitig für verbesserte Empfängeranordnungen. Das Problem der Abstimmung kann in drei verschiedenen Arten gelöst werden: 1) mittels mechanisch angeordneter, durch geeignete correspondirende Signale ausgelöster, isochron auf beiden Stationen laufender Uhrwerke, 2) auf akustischem, 3) auf elektrischem Wege. Das dritte Verfahren, von dem hier speciell die Rede sein soll, ist die electrische Abstimmung. Schnell verklingende Schwingungen, wie sie ohne Benutzung von Condensatoren im Sender entstehen, bieten nach allem, was man aus wissenschaftlicher Erfahrung weiss, wenig Aussicht. Sie regen nämlich immer, welches auch ihre Eigenschwingung sei, einfach durch ihren kurzen Impuls einen Resonatorkreis zu dessen Eigenschwingung an, ähnlich wie der Schlag eines Hammers in jeder Saite ihren Eigenton hervorruft. Anders aber ist es, wenn, wie hier, die Wellen den Empfänger längere Zeit hindurch anregen. Dann entstehen, wie experimentell vorgeführt wurde, scharf ausgesprochene Resonanzen. Eine Geisslerröhre leuchtete in einem auf grössere Entfernung durch Flaschenentladungen erregten Kreise hell auf, sobald er abgestimmt war, schwächer, wenn die Stimmung geändert wurde. Ersetzt man das leuchtende Rohr durch einen Cohärer oder einen Mikrophoncontact, so kann man auf dieser lange bekannten Eigenschaft offenbar eine abgestimmte Telegraphie aufbauen. Diese Vorrichtung zeigt sich aber empfindlich gegen äussere Eingriffe, wie sie in der Praxis nicht zu vermeiden sind; auch ist ihr Resonanzbezirk noch nicht in der nöthigen Schärfe ab-

gegrenzt. Die Aufgabe wurde daher in anderer Weise angegriffen. Sie besteht darin, abzustimmen und gleichzeitig die Empfängerwirkung zu erhöhen. Sie kann in zwei Theile zerlegt werden; einen ersten, die Energie, die ein Empfänger aufnimmt, möglichst gross zu machen — davon wird in diesem Falle abgesehen. Wird aber nach dieser Eingrenzung der Aufgabe die vom Empfänger angesammelte Energie einmal als gegeben betrachtet, so dass ihr ganzes Quantum nicht mehr gesteigert werden kann, so bleibt nur übrig, sie auf den empfangenden Apparat zu concentriren, so dass sie möglichst ausschliesslich ihm zu Gute kommt. Es verhält sich damit ähnlich wie mit dem Lichte. Das Sonnenlicht, das auf eine Linse fällt, führt ihrer Oeffnung pro Secunde eine gewisse Energie zu. Diese lässt sich nicht vermehren, aber sie lässt sich concentriren. In ähnlicher Weise, nur ins Electriche übersetzt, wirken die neuen Anordnungen. Versuche mit denselben, welche durchgeführt wurden, zeigten wie die electriche Energie, die den Empfänger passirt, auf den zwanzig- und mehrfachen Wert concentrirt werden kann. Die Energie wird in Form electriche Energie localisirt. Man kann sie nun in Wärme verwandeln und sie in dieser Form auf einen darauf reagirenden Empfänger einwirken lassen; oder man kann sie in die für den Cohärer günstige Form umwandeln und diesen an die geeignetste Stelle bringen, dass er sich ihrer Wirkung, mag er auf Strom oder auf Schwingung ansprechen, nicht entziehen kann. Unter Vorführung akustischer Analogien wurde gezeigt, wie ausserordentlich scharf die Apparate auf eine gegebene Schwingung abgestimmt werden können. Sehr geringfügige Aenderungen der

mung setzten die in dem Empfangsapparate concentrirte Energie sofort ganz ausserordentlich herab. Nur in dem abgestimmten Theile des Empfängers localisirt sich die zugehörige Energie; den anderen Theilen wird sie entzogen und Empfängertheile, die nicht auf die gewünschte Schwingung abgeglichen sind, werden dadurch gleichzeitig vor unbeabsichtigter Einwirkung geschützt. Damit ist natürlich auch das Problem der sogenannten Multiplex-telegraphie, d. h. der gleichzeitigen Aufnahme mehrerer Depeschen, die von verschiedenen Wellenlängen herrühren, durch denselben Empfängerdraht in einer neuen und offenbar sehr vollkommenen Weise gelöst.

IV. Schlussbetrachtungen.

Fragt man nach den Aussichten, dem praktischen Werthe und der voraussichtlichen Entwicklung der drahtlosen Telegraphie, so wird man nach dem heute möglichen Ueberblick ungefähr Folgendes sagen:

Der Werth als ein verbesserter Signaldienst, der unabhängig ist von jedem Wetter, von Tageszeit, von Nebel, Regen und Schnee ist bereits anerkannt. Dieser wird für viele Fälle bleiben, selbst wenn die Hoffnung, die Stationen von einander unabhängig zu machen, sich nicht in dem Maasse, wie man es wünschen möchte, erfüllen sollte.

Starke Geberwirkung — abgestimmte Empfängerwirkung werden zunächst die Ziele sein. Werden sie auch nur innerhalb mässiger Grenzen erreicht, so ist ausreichende Gelegenheit zur praktischen Verwendung vorhanden. Es giebt Küsten genug, gegenüber gelegene Inseln, wenig bevölkerte Gegenden, wo eine Kabelverbindung nicht lohnt, einer Telegraphenleitung von Stürmen, wilden Thieren oder (unverständigen) Menschen Gefahr droht. An der Verwerthung für militärische Zwecke besteht in allen Staaten grosses Interesse.

Als Illusion wird man es aber — voraussichtlich für alle Zeiten — bezeichnen müssen, wenn man hofft, damit die Drahttelegraphie beseitigen zu können. Wie die sicherste schriftliche Verbindung ein geschlossener Brief ist, so giebt der Draht da, wo er anwendbar ist, die sicherste discrete Verbindung zweier Punkte. Das Ziel, dass eine Depesche nicht von einem Unbefugten mit aufgenommen werden kann — ein Schicksal, welchem bekanntlich auch die Drahttelegraphie unterliegen kann — ist nicht aussichtslos, bis jetzt aber nicht erreicht.

Man legt einem Kinde die besten Wünsche in die Wiege, man freut sich, wenn es sich denselben entsprechend entwickelt — wer aber vermag nach fünf Jahren schon mit Sicherheit zu sagen, wie es als Mann sich bewähren wird? Es wird sich auswachsen und etwas leisten, wenn es auch keinen Herkules giebt.

Anmerkungen.

¹ (S. 15.) Eine andere Auffassung, welche den beobachteten Thatsachen genügt (dem Fehlen scharfer Interferenzen bei Röntgenstrahlen, sowie der an Beugungserscheinungen erinnernden Vertheilung von Röntgenstrahlen, welche einen Spalt passiert haben), ist von A. SOMMERFELD (Zeitschr. für Mathematik und Physik, Bd. 46. 1901) mathematisch durchgeführt worden. Die Annahme kurzer Impulse genügt dazu; die Frage nach der Schwingungsdauer der Röntgenstrahlen bleibt dann offen.

² (S. 15.) Die ersten Beobachtungen dieser Art rühren, wie ich aus einem Referate von SCHLABACH (Physikalische Zeitschr. 2. Jahrg. 1901 S. 374 u. 383) ersehe, schon von MUNK AF ROSENSCHÖLD (POGG. Ann. **34**, 437. 1835) bzw. schon von PRIESTLEY her. ROSENSCHÖLD benutzte fühlbare Flaschenentladungen. Ohne von diesen Versuchen Kenntniss zu haben, fand der Verfasser gelegentlich anderer Untersuchungen (WIED. Ann. Bd. 1, S. 95. 1877), dass ganz schwache Induktionsstöße, welche in einer kleinen eisenfreien Spule hervorgebracht wurden, den Widerstand von lockerem Metallfeilicht änderten. „Röhren voll Metallfeile zeigten gleichfalls Widerstandsänderungen durch den Induktionsstrom. Der durch den Induktionsstrom geänderte Widerstand blieb auch für den constanten Strom bestehen, war also durch Contactänderung veranlasst.“

Dass diese Widerstandsänderungen ein so ausserordentlich empfindliches Reagenz auf schnelle elektrische Schwingungen sind, wurde aber erst durch BRANLY entdeckt. Woher die Erscheinung rührt, weiss man noch nicht. Dass bei stärkeren Erregungen Fünkchen auftreten können ist natürlich und beobachtet; der Schluss dagegen, dass solche auch noch dann vorhanden wären, wenn man sie nicht mehr sieht, natürlich nicht bindend. Diese Fünkchen sollten nach Ansicht der einen ein schwaches Zusammenschmelzen (Fritten) bewirken. Nach anderer Auffassung besteht die Wirkung in der

Entfernung von oberflächlichen Gasschichten, nach wieder anderer in einer Bildung neuer Molekülsorten (Allotropirung). Wenn Gas- oder Flüssigkeitsschichten eine Rolle spielten, so sollte man erwarten, dass ein auf Empfang gestellter, aber noch nicht erregter Cohärer, mit sehr schwachen Strömen untersucht, Abweichungen vom OHM'schen Gesetz zeige, keinen constanten scheinbaren Widerstand. Nach Versuchen, welche der Verfasser in seinem Institut durch Herrn MÖLLER ausführen liess, ist dem aber nicht so. Demnach sollte man annehmen, der grosse Widerstand des unerregten Cohärsers bestehe lediglich im Ausbreitungswiderstand und dieser, wahrscheinlich also die Grösse der Contactfläche, ändere sich durch die Erregung; vielleicht in Folge einer durch JOULE'sche Wärme hervorgebrachten Deformation, erhöhtem gegenseitigen Druck und einem reibungsartigen Haften.

Dieser Ansicht widerspricht jedoch, dass nach Versuchen von Hrn. v. SIGSFELD (mündliche Mittheilung) eine Contactstelle, welche einmal erregt wurde (aber möglicherweise sehr stark?), die Eigenschaft Contact zu geben, längere Zeit, auch nach mechanischem Abheben, beibehält.

Nach KÖPSEL's Auffassung (mündliche Mittheilung) liegt die wirksame Stelle im Cohärer nur an den Electroden, nicht in den Pulvercontacten. In Uebereinstimmung damit stehen die Erfahrungen ZENNECK's, dass man 1) sehr gute Cohärer erhält, wenn zwischen den beiden Electroden nur eine Schicht Metallkörner sich befindet — hier muss also der wirksame Contact derjenige von Electrode und Pulver sein; 2) dass man am sichersten durch Erschütterung der Electrode entfrittet. Wenn man von zwei in das Cohärerpulver eingeführten Sonden zu einem Electrometer abzweigte, würde sich diese Ansicht leicht prüfen lassen.

Eine Aenderung des gegenseitigen Druckes, etwa zwischen Pulver und Electrode, beim Erregen habe ich nicht nachweisen können. Doch sind die Versuche nicht genügend variirt und verfolgt worden.

³ (S. 19.) MARCONI gab früher Schwingungen von $250 \cdot 10^6$ pro Sekunde an. Vergl. dagegen ASCOLI, *Elettricista*. VI. 1897. Nr. 8. Beibl. 22. S. 610. 1898.

⁴ (S. 21.) E. RATHENAU, *Electrotechnische Zeitschrift* 1894. S. 616; STRECKER, *Electrotechnische Zeitschrift* XVII. 1896. S. 106. — Von Einzelheiten der Versuche und Resultate seien angeführt: RATHENAU benutzte zwei Platten

von je 15 qm Oberfläche; Abstand der Primärelectroden 500 m; Secundärelectroden: Zinkplatten in 50 bis 100 m Abstand. Erreicht wurden $4\frac{1}{2}$ km, womit man aber noch nicht am Ende der Wirkungsmöglichkeit war. Die beiden Strecken befanden sich wesentlich in der günstigsten relativen Orientierung in Wasser. Die STRECKER'schen Resultate zeigt die folgende Tabelle:

Primäre Leitung . . .	950 m	950 m	1000 m	3000 m
Secundäre Leitung . .	250 m	900 m	750 m	1200 m
Erreichte Entfernung	3,8 km	5,7 km	10 km	17 km
Bemerkung	—	Erdleitung 6 und 10 m tief	Erdleitung 19 m tief	Nachts; 14 bis 19 Ampère

Es wurde also rund die 10 fache Entfernung der Gebelectroden erreicht.

JOHNSTON erhielt in Wasser mit beiderseits 14 m Abstand und Strom von 10 Bunsen mittels Telephon auf 180 m Zeichen, also auf ca. 13 fache Entfernung der primären Electroden, woraus STRECKER auf eine relativ sehr grosse Tragweite schliesst.

⁵ (S. 31.) Nach den theoretischen Betrachtungen von BIRKELAND (vgl. E. COHN, Das electromagnetische Feld. Leipzig, 1900. S. 413 ff.) werden Wellen, wie sie in meinen Versuchen benutzt werden, beim Fortschreiten im absorbirenden Mittel deformirt. Immerhin erscheint es nicht unmöglich Resonanzerscheinungen im Empfänger zu erzielen. Längere Zeit andauernde elektrische Oscillationen, wenn ihre Frequenz auch nur in der Grössenordnung von 100 000 sich bewegt, zu deren einfacher Herstellung jetzt Aussicht vorhanden ist, würden eine erfolgreiche Verwendung der Methoden möglich erscheinen lassen.

Bezüglich der Absorption und der danach zu wählenden Schwingungszahlen vgl. A. EICHENWALD, WIED. Ann. **62**. S. 571. 1897. E. LAGRANGE (Compt. rend. **132**. S. 203. 1901) hat nachgewiesen, dass die vom unteren Ende eines Marconisenders dem Boden zugeführten Wellen nur bis zu sehr geringen Tiefen (weniger als $\frac{1}{3}$ m) merklich in denselben eindringen.

Trotzdem scheint eine mir schon im Herbst 1899 von Hrn. M. CANTOR mündlich mitgetheilte Idee sehr beachtenswerth, nämlich alles statt in Luft

sich im Boden abspielen zu lassen, also einen verticalen Sender und desgleichen Empfänger in denselben hinein zu treiben. In ganz trockenem Boden scheint mir theoretisch kein Bedenken dagegen vorzuliegen. Dies könnte z. B. praktisch in Frage kommen, wenn die französische Regierung, wie angegeben worden ist, daran denkt, durch drahtlose Telegraphie eine Verbindung zwischen den einzelnen Militärstationen bis in die Sahara hinein herzustellen. Es würden damit auch die dort voraussichtlich sehr starken atmosphärischen Störungen vielleicht wegfallen.

⁶ (S. 32.) Mit dem Einsetzen des Flammenbogens (statt eines scharf abgebrochenen Funkens) nimmt die Fernwirkung sofort stark ab; die electromagnetische Energie des Senders fällt, wie sich experimentell nachweisen lässt. Diese störende Erscheinung tritt auf, wenn die Electricitätszufuhr zu gross ist. Sie erklärt sich daraus, dass mit dem Einsetzen des Funkens nicht sofort, wie die Theorie der oscillirenden Entladung voraussetzt, das Potential abfällt. Es wird dann vielmehr durch die nachgelieferte Electricität für einige Zeit das Potential auf wesentlich gleicher Höhe gehalten, was während derselben Zeit die Entstehung eines constanten Stromes bewirkt. Diese Energie ist von vornherein verloren; sie tritt zum grössten Theil als Wärme in der Funkenstrecke auf und scheint die Luft daselbst der Art leitend zu machen, dass auch mit dem Momente, wo das Potential abfällt, eine starke Dämpfung der dann entstehenden Schwingungen stattfindet; oder dass in dem leitenden Gase das Feld zwischen den Funkenkugeln noch abfällt bis erst bei einem kleineren, als dem der Schlagweite entsprechenden Potentialunterschied, Oscillationen beginnen. Die Wirkung des Funkenabblasens, sei es durch mechanische, sei es durch magnetische Kräfte erzielt, erklärt sich daraus. Man vergrössert dadurch die Länge und somit (welchen Begriff man auf diesen Fall wohl einigermaassen anwenden darf) den Widerstand des leitenden (ionisirten) Funkenkanals und zerreisst ihn dann vollständig. Der Funkenkanal wirkt wie ein biegsamer, mässig guter Leiter.

⁷ (S. 36.) Seitdem MARCONI erst durch Erdung eine praktisch brauchbare Fernwirkung erzielte, ist es fast als Axiom betrachtet worden, dass Erdanschluss nötig sei, jedenfalls ist wohl kaum eine Geberanordnung probirt worden, ohne gleich dieses Hilfsmittel versuchsweise heranzuziehen. Bei der directen Sendererregung aus dem Flaschenkreis bewährt es sich.

Man kann es anwenden, man braucht es aber nicht. Vielmehr erreicht man das Gleiche, wenn man die Anordnung symmetrisch gestaltet, d. h. an einer dem Senderanfang symmetrisch correspondirenden Stelle einen dem Sender gleichen (oder gleichwirkenden) Draht an den Condensatorkreis anlegt. Es bilden sich dann auf beiden Drähten gleichzeitig Schwingungen aus; wenn z. B. AB (vgl. Fig. 22 und 23) mit positiver Ladung versehen ist, oscillirt gleichzeitig das entsprechende Quantum negativer Electricität auf dem anderen Drahte und wenn beide Drähte — im einfachsten Falle — genau gleiche Länge besitzen, bleibt der Schwingungskreis frei von superponirten störenden Potentialschwankungen.

Es repräsentirt dies gewissermaassen den Uebergang von der ersten unsymmetrischen HERTZ'schen Anordnung zur symmetrischen LECHER'schen.

Ist der Schwingungskreis in Resonanz mit den Ansatzdrähten, so entstehen auf letzteren sehr reine Wellen mit ganz scharf ausgesprochenen Knoten und Bäuchen, von welchen man — wenn die Enden frei in Luft aufhören — auf jedem der Ansätze eine ungerade Anzahl Viertelwellenlängen herstellen kann. Diese Wellen lassen sich electricisch ebenso einfach verfolgen wie direct sichtbare Seilwellen. Die Ansatzdrähte brauchen nicht gleich zu sein; der eine kann z. B. eine Viertelwellenlänge, der andere drei Viertelwellenlängen betragen. Es lässt sich auch leicht nachweisen, dass die Wellen allmählich durch Resonanz entstehen. Für die Anordnung der Schwingungen auf dem ganzen System gilt dabei offenbar ein Satz, welcher ein Analogon zum mechanischen Schwerpunktsatz darstellt. „Erdung“ ist dabei ganz unnötig.

„Erdung“ ist überhaupt ein schlecht definirter Begriff. Man hängt in der Wirkung derselben ab von der Länge, Beschaffenheit u. s. w. der Drähte sowie der Vollkommenheit der eigentlichen Erdverbindung. Es kann vorkommen, dass z. B. eine Erdung selbst in einem Knotenpunkte die Senderwelle nicht gut zu Stande kommen lässt, während sie sofort mit voller Stärke auftritt, wenn an der geerdeten Stelle wieder die Symmetrie schaffende zweite Wellenleitung angeschaltet wird.

Es ist eine gleichfalls bekannte Erfahrung, dass auch im Empfänger die Erdung nicht nöthig ist; es genügt z. B. wenn vom Cohärer noch eine Drahtlänge isolirt weiter geführt wird. Um statische Ladungen zu eliminiren,

empfiehlt es sich, durch einen grossen inductiven oder OHM'schen Widerstand (etwa von der Ordnung eines angefeuchteten Bindfadens) zur Erde zu gehen.

Die Schwingungszahl des Condensatorkreises lässt sich durch eine Anzahl parallel geschalteter, dicker, am besten nicht zu nahe an einander gelegener Schliessungsbögen bei verhältnissmässig grosser Capacität sehr in die Höhe treiben. Dasselbe kann man durch einen dem Condensator parallel geschalteten inductionlosen Widerstand, wenn auch mit Wirkungsverlust, erreichen. Diese geschlossenen Ströme üben eine äusserst kräftige Inductionswirkung auf nicht zu entfernte, in Resonanz gebrachte gleichfalls geschlossene Leiterkreise aus. Die rein electrodynamische Wirkung derselben, der Verlauf der Magnetkraftlinien, Schirmwirkungen u. s. w. lassen sich damit sehr auffallend demonstrieren, wie ich in meinem Januar-Vortrag zeigte. Auf kürzere Entfernungen können mit Hülfe dieser Anordnungen auch nahezu abgestimmte und in gewissem Sinne gerichtete telegraphische Uebertragungen erzielt werden. Die Kräfte nehmen aber, wie bekannt, sehr schnell mit wachsender Entfernung ab.

Die inductive Erregung bietet eine ähnliche Vielseitigkeit der Anordnungen. Für gewöhnlich wird der ganze Senderkreis (Spule plus Sender) eine halbe Wellenlänge darstellen. Der Potentialknoten braucht nicht am Anfang des freien Senderdrahtes zu liegen, sondern kann in denselben hinausgerückt sein. Auf diese Weise nähert man sich dem Falle, dass eine halbe Wellenlänge zur Strahlung benutzt wird.

Man kann den Sender auch derart dimensioniren, dass er (wieder zusammen mit der Spule) eine ganze Wellenlänge darstellt. Die Erregerspule liegt dann am besten an einem Strommaximum oder wenigstens in der Nähe

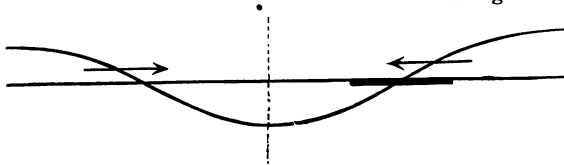


Fig. 32.

desselben; oder sie ist vertheilt auf zwei Stellen in der Nähe solcher Punkte (vgl. Fig. 32, wo die Ordinaten Spannungen, die Pfeile Strömungen bedeuten; der dicke Strich soll diejenige Drahtstelle andeuten, auf welche die inductive Erregung wirkt).

Die Verwendbarkeit der inductiven Erregung um starke, schwach gedämpfte schnelle Schwingungen einem cylindrischen Leiter zuzuführen, welche er aus einem Brennpunkte ausstrahlen kann, ist offenbar. —

⁸ (S. 40.) Diese Zahlen beweisen den Einfluss der Funkendämpfung. Bei der Marconischaltung erschöpft sich bald alle weiter zugeführte Energie im

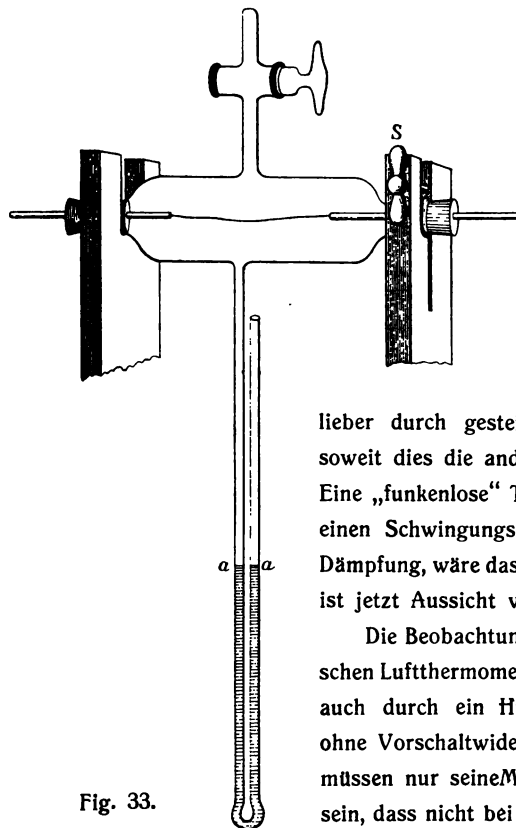


Fig. 33.

Funken; aber auch bei Flaschenschaltung steigt die Senderenergie nicht proportional der im Condensator angesammelten aus der Schlagweite beurtheilten Energie. Man sollte demnach, auch bei Flaschenentladung, nicht über etwa 1,5 bis 2 cm Schlagweite gehen und grössere Energiemengen

lieber durch gesteigerte Capacität herstellen, soweit dies die anderen Bedingungen zulassen. Eine „funkenlose“ Telegraphie zu erzielen, d. h. einen Schwingungskreis ohne jede unnöthige Dämpfung, wäre das Wünschenswerthe. Dazu ist jetzt Aussicht vorhanden.

Die Beobachtungen sind mit einem RIESS'schen Luftthermometer gewonnen, das man aber auch durch ein Hitzdrahtvoltmeter (natürlich ohne Vorschaltwiderstand) ersetzen kann. Es müssen nur seine Metalltheile derart angeordnet sein, dass nicht bei den schnellen Schwingungen Funken zwischen denselben überschlagen und der Apparat nicht als Capacität stört. Solche Instrumente geben, an verschiedene Stellen einer offenen Schwingungsbahn gebracht, direct den daselbst herrschenden Mittelwerth des Quadrates der Stromstärke und lassen damit unmittelbar die relativen Stromverhältnisse der Welle messen; sie

zeigen z. B. bei einem Sender mit inductiver Erregung ein Maximum in der Nähe der Spule, abnehmenden Werth in der Mitte des Drahtes, den Ausschlag Null am isolirten freien Ende. Wird daselbst an das Instrument wieder ein Stück Draht angesetzt, so steigt der Ausschlag wieder.

Für gewöhnlich benutze ich das sehr einfache, aber ausreichende Instrument, welches Fig. 33 darstellt. Die Länge des Hitzdrahtes ist etwa 6 cm, sein Durchmesser zwischen 0,2 und 0,05 mm wechselnd. Das für gewöhnlich verticale Steigrohr hat etwa 2 mm lichten Durchmesser. Die Schraube *S* gestattet den Apparat vertical oder geneigt einzuklemmen (in einem Holzstativ, von dem nur der obere Theil hier gezeichnet ist).

Eine für grössere Empfindlichkeit (dünne, lange Drahtspule) geeignete Form mit vertical stehendem Gefässe zeigt Fig. 34.

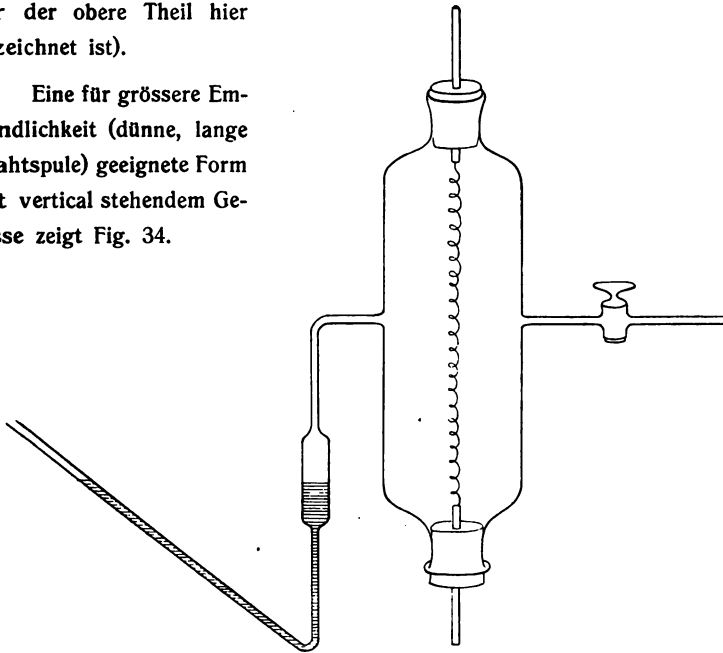


Fig. 34.

Die Instrumente reagiren nicht auf den Ladestrom, und ihre Angaben können daher bei vergleichenden Versuchen, wenn die übrigen Bedingungen jeweils die gleichen bleiben, als ein relatives Maass für die (abwechselnd als

electrostatistische und electromagnetische) vorhandene Energie eines electrischen Oscillators betrachtet werden. Sie sind daher auch anwendbar für die Senderschaltung MARCONI's. Von Interesse ist dabei besonders der Einfluss einer Erdung, welche die Energie des Senders vergrößert; andererseits diejenige der Entladungsart. Sobald der Flammenbogen einsetzt, fällt die mittlere Senderenergie sofort.

Mittels eines Differentialthermometers hat Herr MANDELSTAMM in meinem Institut die Schwingungszahlen electrischer Wellen untersucht. Die Methode gestattet dieselben in bequemer Weise und in wenig Minuten bis auf einige Procent genau zu ermitteln. Sie beruht darauf, dass der oscillirende Strom sich gabelt zwischen einer Selbstinduction und dem einen Thermometerdraht einerseits, einem inductionslosen (electrolytischen) Widerstand und dem zweiten Thermometerdraht andererseits; indem man die Wärmewirkungen in beiden Drähten gleich macht, sucht man einen OHM'schen Widerstand, welcher ebenso gross ist wie der scheinbare inductive, wodurch in bekannter Weise bei gegebener Selbstinduction sich die Schwingungszahl bestimmt.

Das Differentialthermometer ist von äusseren Einflüssen frei, und es lässt sich eine Nullmethode gewinnen, welche vor Allem noch dadurch sehr scharf wird, dass sie von dem Uebelstande anderer mit dem Quadrate der Stromstärke (i) oder electrischer Ladungen arbeitender Nullmethoden frei ist. Wollte man diese Methoden nämlich auf directes Nullmachen einer derartigen Wirkung hinausspielen, so würde bekanntlich diese selber als mit $(di)^2$ proportional zu gering, die Methode zu unempfindlich. Hier aber sind die Wirkungen je für sich sehr erheblich; ihre Differenz wird proportional mit $i di$ und lässt sich bei kleinem di durch Aenderung von i theoretisch beliebig weit treiben.

⁹ (S. 44.) Es handelte sich bei den Cuxhavener Versuchen zunächst darum, die günstigsten Bedingungen für den Sender praktisch festzustellen und zwar nach einer doppelten Richtung: 1) den Resonanzbedingungen zwischen Schwingungskreis und Sender zu genügen; 2) die Anordnungen so zu treffen, dass die dem Schwingungskreis zugeführte Energie möglichst gross sei und in bester Weise zur Strahlung ausgenutzt werde; und 3) für beides sichere, praktisch brauchbare Methoden auszuarbeiten. Dies letztere ist namentlich durch Dr. ZENNECK's Arbeiten erreicht worden.

Gleichzeitig musste der Einfluss benachbarter grösserer Massen, seien es Mauerwerk, Metallverkleidungen, seien es Stahltrossen u. s. w., auf den Sender wie auf den Empfänger studirt werden.

Im Empfangsapparat selber waren alle Bedingungen zu untersuchen, von denen die Sicherheit und Schärfe der Zeichengebung abhing; wie Empfindlichkeit und Zuverlässigkeit des Cohärers, Rückwirkung der verschiedenen angehängten Apparate auf denselben. Der Wunsch, die störenden Inductionswirkungen derselben zu eliminiren, führten Herrn CANTOR zunächst auf einen electrochemisch wirkenden Schreibapparat, dann auf ein — mit electrocapillaren Kräften arbeitendes — inductionsfreies Relais und auf einen verbesserten Mikrophoncontact, welcher die Depeschen abzuhören gestattet und eine akustische Abstimmung ermöglicht.

Es wurden ferner von Dr. ZENNECK erfolgreich Versuche gemacht, die Senderwirkungen nur nach wesentlich einer Richtung hin gelangen zu lassen.

¹⁰ (S. 49.) Nach inzwischen erfolgten Publicationen von MARCONI (engl. Patent 7777. 1900 und Specification aus Februar 1901) arbeitete er bei den S. 20 erwähnten Versuchen mit Masten von etwa 40 m Höhe. Er benutzt, wie sich aus seinen Mittheilungen ergibt, für abgestimmte Telegraphie fast ausschliesslich die oben als Transformatorschaltung beschriebene Geberanordnung. Er erkennt deren ausschlaggebende Bedeutung vollkommen an (vgl. insbesondere seinen Aufsatz im Electrician 1901 Nr. 5 und 6). Wenn er aber sagt: The idea of using a Tesla coil to produce the oscillations is not new. It was tried by the Post Office officials, when experimenting with my system in 1898, and also suggested in a patent specification by Dr. LODGE, dated May 10, 1897 No. 11 575, and by Prof. BRAUN in the specification of a Patent dated Jan. 26. 1899 Nr. 1862, so habe ich über die Art seiner eigenen Versuche mit Teslaerreger, da meines Wissens nichts darüber publicirt ist, kein Urtheil. Sollte der Teslakreis dabei ebenso benutzt worden sein, wie ihn LODGE in der von MARCONI citirten Schrift zu verwenden vorschlägt, so wäre dies etwas principiell vollkommen anderes als meine Anordnung. Denn LODGE sagt nur: „I supply the electricity to the radiator from a RUHMKORFF or a TESLA coil or a WIMSHURST or other known or suitable high tension machine.“ Der Teslakreis soll also dort nur als Electricitätsquelle dienen. Dass man damit, insbesondere wenn man

zunächst statische Ladungen hervorbringt, keine besseren Effecte erzielt, ist von vornherein klar, ebenso dass es sich um eine ganz andere Art der Wirkung handelt.

Die Einsicht, dass man nur unter Mitbenutzung von Condensatoren, welche als Energie-Reservoir dienen, gute Geberwirkungen erzielen könne, ist jetzt allgemein geworden. LODGE, welcher sie für drahtlose Telegraphie zuerst in diesem Sinne (vgl. oben), in einer als Laboratoriumsanordnung schon früher benutzten Weise vorschlug, hat aber eine Anordnung, bei welcher der Flaschenkreis nothwendiger Weise eine andere, langsamere Schwingung haben muss als der Sender. Das Gleiche gilt von SLABY's geerdeter „Senderschleife“, d. h. einem auf- und einem absteigenden geerdeten Draht, zwischen denen eine Drosselspule liegt, bei der offenbar, wie auch MARCONI durch Versuche (Electrician l. c.) festgestellt hat, der zur Erde rückkehrende Draht die Wirkungen verschlechtert und gleichzeitig eine beträchtliche Energievergeudung zur Folge hat. Er erhielt nach Weglassen des Erddrahtes und der Drosselspule 'an enormous strengthening of the signals at the receiver, wick obviously means a greater ease of working, and the possibility of obtaining signals over greater distances', d. h. eine enorme Verstärkung der Signale am Empfänger, nachdem er die SLABY'sche in meine oben beschriebene directe Schaltung verwandelt hatte.



Verlag von VEIT & COMP. in Leipzig.

KANON DER PHYSIK.

Die Begriffe, Principien, Sätze, Formeln, Dimensionsformeln und Konstanten der Physik
nach dem neuesten Stande der Wissenschaft systematisch dargestellt

von

Dr. Felix Auerbach,

Professor der theoretischen Physik an der Universität Jena.

Lex. 8. 1899. geh. 11 M, geb. in Ganzl. 12 M.

DIE ENERGETIK

NACH IHRER GESCHICHTLICHEN ENTWICKELUNG.

Von

Dr. Georg Helm,

o. Professor an der k. Technischen Hochschule zu Dresden.

Mit Figuren im Text.

gr. 8. 1898. geh. 8 M 60 P, geb. in Ganzl. 9 M 60 P.

LEHRBUCH DER ELEKTROTECHNIK

zum Gebrauche beim Unterricht und für das Selbststudium.

Von

Emil Stöckhardt,

Diplom-Ingenieur.

Mit zahlreichen Abbildungen.

gr. 8. 1901. geh. 6 M, geb. in Ganzl. 7 M.

Hauptsächlich für solche bestimmt, denen es zum Studium ausführlicher Werke an
Zeit und an Vorkenntnissen fehlt.

DIE MUTATIONSTHEORIE.

Versuche und Beobachtungen über die Entstehung von Arten im Pflanzenreich.

Von

Hugo de Vries,

Professor der Botanik in Amsterdam.

Erster Band, erste und zweite Lieferung.

Mit zahlreichen Abbildungen im Text und sechs farbigen Tafeln.

Roy. 8. 1901. geh. 12 M.

In diesem hervorragenden Werke, das nicht nur für Biologen und die Botaniker von Fach, sondern für alle Gebildeten, die für die grossen Probleme der biologischen Forschung Sinn haben, von Wichtigkeit ist, zeigt der ausgezeichnete Forscher, daß die Entstehung neuer Arten keineswegs Jahrhunderte oder gar Jahrtausende erfordert, daß sie vielmehr ebensogut Gegenstand der Beobachtung sein kann, wie jeder andere Prozeß im Leben der Tiere und Pflanzen. Wenn sich der Verfasser auch nur auf das Pflanzenreich beschränkt, so ist das Werk doch bestimmt, überzeugend den Nachweis für das Vorhandensein des gleichen Gesetzes, der Mutationstheorie, in beiden Reichen zu führen.

Das vollständige Werk umfaßt zwei Bände, die im Laufe von zwei Jahren in sechs Lieferungen zur Ausgabe gelangen sollen.

Verlag von VEIT & COMP. in Leipzig.

HANDBUCH DER MINERALOGIE.

Von

Dr. Carl Hintze,

o. ö. Professor der Mineralogie an der Universität Breslau.

Zwei Bände Lex. 8-Form mit zahlreichen Figuren.

Erster Band. Elemente, Sulfide, Oxyde, Haloido, Carbonate, Sulfate, Borate, Phosphate.

Erste bis sechste Lieferung à 5 M. (Schluß in Vorbereitung.)

Zweiter Band. Silicate und Titanate. 1897. geh. 58 M., geb. in Halbfr. 61 M.

"The work is an invaluable book of reference, since it contains all that is to be found in other descriptive treatises and a great deal more beside, and appears to be extraordinarily accurate."

H. A. Miers. (The mineralogical Magazine. 1897. Vol. XI)

ERDBEBENKUNDE.

Die Erscheinungen und Ursachen der Erdbeben. Die Methoden ihrer Beobachtung.

Von

Dr. Rudolf Hoernes,

o. ö. Professor der Geologie und Palaeontologie an der Universität Graz.

Mit zahlreichen Abbildungen und Karten im Text und zwei Tafeln.

Lex. 8. 1893. geh. 10 M.

GRUNDRISS

DER

PHYSIKALISCHEN KRYSTALLOGRAPHIE.

Von

Dr. Theodor Liebisch,

o. ö. Professor der Mineralogie an der Universität Göttingen.

Mit 898 Figuren im Text.

Lex. 8. 1896. geh. 13 M. 40 P., geb. in Halbfr. 15 M. 40 P.

GESCHICHTE DER CHEMIE

von den ältesten Zeiten bis zur Gegenwart.

Zugleich Einführung in das Studium der Chemie.

Von

Dr. Ernst von Meyer,

o. Professor der Chemie an der Technischen Hochschule zu Dresden.

Zweite, verbesserte und vermehrte Auflage.

gr. 8. 1895. geh. 10 M., geb. in Halbfranz 12 M.

In dieser „Geschichte der Chemie“ wird die Entwicklung des chemischen Wissens insbesondere der daraus abgeleiteten allgemeinen Lehren der Chemie, von ihren Anfängen bis auf den heutigen Tag dargelegt. In jedem Zeitalter wird nach einer allgemeinen Darstellung der Hauptrichtungen, welche die Chemie eingeschlagen hat, die speziell Ausbildung einzelner Zweige derselben mehr oder weniger eingehend besprochen.

Druck von Meuzer & Wittig in Leipzig.

[illegible]

STANFORD UNIVERSITY LIBRARIES
STANFORD, CALIFORNIA 94305-6004

